

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE 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 de fin d'études pour l'obtention du diplôme de
master en Architecture

Option : Architecture écologique

Thème :

**L'IMPACT DES FAÇADES VITRÉES SUR LE CONFORT THERMIQUE
DES ÉQUIPEMENTS PUBLICS-LE CAS DE GUELMA-**

Encadré par :

Mme MIHOUBI.M

Présenté par :

BOUKHATEM SAMAH

Année Universitaire 2017-2018

REMERCIEMENT:

Voilà, nous sommes enfin de parcours. Et comme c'est la phase finale : la phase de maturation que nous espérons de bonne fructification, il nous est très agréable de remercier toutes les personnes qui nous ont aidés de loin ou de près.

Au premier rang, nous tenons à remercier vivement nos Encadreurs madame Salah Salah et Madame Mihoubi , à la fois pour Avoir accepté de nous guider et surtout pour les précieux Conseils et qui n'ont pas manqué de nous orienter chaque fois qu'un obstacle fut immergé.

Nos remerciements les plus sincères vont également à nos parents, nos frères et sœurs pour leur soutien.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes très Chers parents pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

A ma mère qui m'a encouragé pendant
toutes mes études.

A mon père, qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aidé, je lui confirme mon amour et mon profond respect.

A mes chères et unique frères : Isam, Salah Eddine, Hichem

A mes tantes et oncles ainsi qu'à leurs époux et épouses

Mes Cousins et Cousines :Hadjer,Fadia,Selma Ihem...

Et à tout les membres de la famille

A tous mes amis et mes collègues sans exception
Et tous ceux que j'ai connu au cours de mon cursus.

A mes Encadreurs

Et A tous les membres du jury.

Pour Vous Tous,

Merci

SOMMAIRE

Remerciement.....	
Dédicace.....	
Résumé.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
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 : POSISIONNEMENT 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'air	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-4Les 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 thermoiso-plèthes 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
Chapitre 04 : processus de conception.....	72
I. Centre d'affaires : les cascades à Alger	72
I.1.Fiche technique	72
I.2.Principes de conception	72
I.2.1. Aspect Extérieur	72
I.2.2. Composition spatiale extérieur et Description du contenu	73
I.2.3. Aspect Intérieur	74
I.3.Programme retenu	77
II : CNIT DE LA Défense PARIS France	78
II.1: Présentation du projet	78
II.2 Aspect Extérieure.....	78
II.3. Aspect urbain et fonctionnel	80
II.4 : Aspect intérieur.....	80
II.4.1 : Les plans des différents niveaux	81
II.5. Système constructif	82
II.6. Programme retenu.....	82
III. Programme adapté	83
IV. Analyse de site	85
IV.1.Présentation de la WILAYA de Guelma	85
IV.2.Situation du site d’implantation.....	86
IV.3. Les points de repères	87
IV.4. .La genèse de la forme : mon projet c’est un centre d’affaire.....	87
VI.5. Schéma de principes	89

Conclusion générale.....	93
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 TREMPE.....	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.....	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:les pays avec climat semi-aride froid et semi-aride chaud dans le monde.....	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	52

figure 59: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville	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'égalité de 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 plan de situation du centre d'affaire les cascades	74
Figure 83 : la façade principale du centre d'affaires	74
Figure 84 : façade principale du centre d'affaire.....	75
Figure 85 : plan du sous-sol	76
Figure 86 plan du R.D.C	77

Figure 87 PLAN DU 3eme étage	77
Figure 88 plan du 10eme étage.....	78
Figure 89 coupe transversale	78
Figure 90 centre d'affaire CNIT	80
Figure 91 plan de situation	80
Figure 92 : vue de dessus du CNIT	81
Figure 93 la forme du bloc	81
Figure 94 façade principale du CNIT	81
Figure 95 La forme du parcelle	82
Figure 97 niveau A	82
Figure 96 niveau 0	82
Figure 99 niveau C	83
Figure 98 niveau B	83
Figure 100 niveau D	83
Figure 101 coupe qui montre la disposition des étage	84
Figure 102 situation du site dans la ville de Guelma.....	87
Figure 103 coupe topographique sur le terrain.....	87
Figure 104 point de repère.....	88
Figure 105 la phase 01 de la composition géométrique, l'axe principale et l'accessibilité du site.....	88
Figure 106 la phase 02 de la forme du projet dans le site	88
Figure 107 :la phase 03 qui montre la forme que j'ai choisi pour mon projet	89
Figure 108 :la phase 04 qui montre les différents changements introduisent sur la forme de base	89
Figure 110 schéma de principe qui montre tous les détails d'implantions du projet ainsi que les vents dominants et le trajectoire d'ensoleillement.....	90
Figure 109 la phase 05 montre la forme finale de mon centre d'affaire.	90
Figure 111 le projet en 3D, la façade principale	91
Figure 112 le projet en 3D, la façade postérieure.....	91

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 déréférence de température De l 'air	26
Tableau 5: Réactions observées en fonction de la vitesse résiduelle de l'air	32
Tableau 06 programme retenue du centre d'affaire les cascades d'Alger.	78
Tableau 07 programme retenu du centre d'affaire CNIT	84
Tableau 08 programme assemblé	85

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 قالمه؛ 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 temps¹.

¹ Site web : 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.²

-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

²Site : www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_building/_principes/page_04

l'environnement : impacts sanitaires des pollutions diffuses, rejet de CO², changement climatique. (Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark et Martin Zeumer 2011)³

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 »⁴

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 ?

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

⁴ 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.⁵

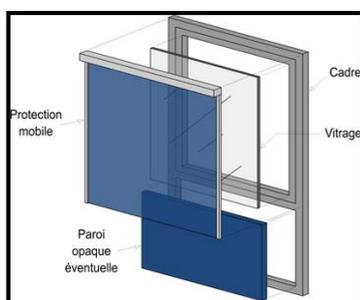


FIGURE 1 : LES ÉLÉMENTS QUI SONT PRIS EN COMPTE DANS LA CONSTITUTION D'UNE PAROI VITRÉE. SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT ÉCOLOGIQUE

⁵ 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 base⁶.

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

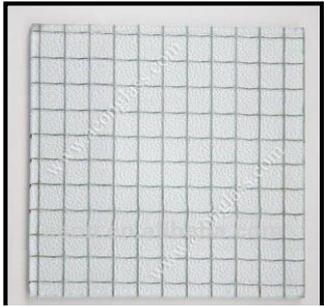


FIGURE 2: LE VERRE ARME,
SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT
ECOLOGIQUE.



FIGURE 3: LE VERRE TREMPÉ, 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-trempé. 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'intercalaire⁷.



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

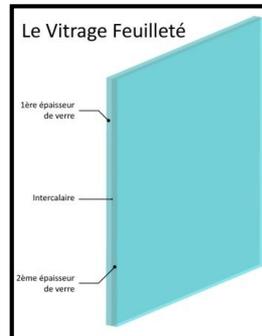


FIGURE 5 : LE VERRE FEUILLETÉ
SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT
ÉCOLOGIQUE.

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 $2 \text{ W/m}^2\text{K}$, 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

⁷ 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 électrique⁸.



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

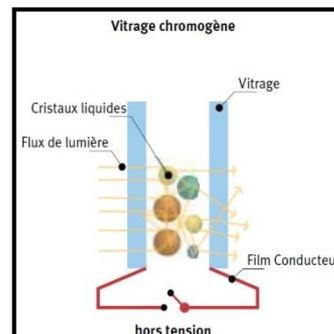


FIGURE 7: LE VITRAGE CHROMOGENE
HORS TENSION SOURCE : GUIDE DE
L'HABITAT ÉCOLOGIQUE

- 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 transparent⁹.

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.

⁸ « ademe protection solaire » édition 2010

⁹ Données documentées de Bruxelles-environnement : bruxellesenvironnement.be, consulté le : 02/05/2015

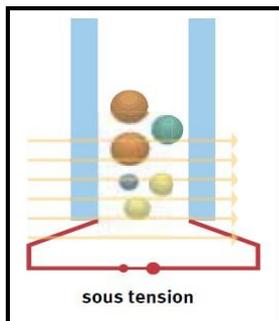


FIGURE 9: LE VITRAGE CHROMOGÈNE SOUS TENSION, SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT ÉCOLOGIQUE.

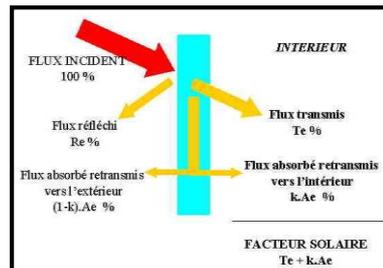


FIGURE 8: COMPOSANTES DU FACTEUR SOLAIRE, SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE.

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 = $0,7 * \text{hauteur de fenêtre}$ ¹⁰.

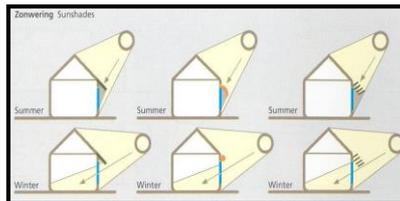


FIGURE 10 :SCHÉMA ZONWERING, SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE

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.

¹⁰Isabelle 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.

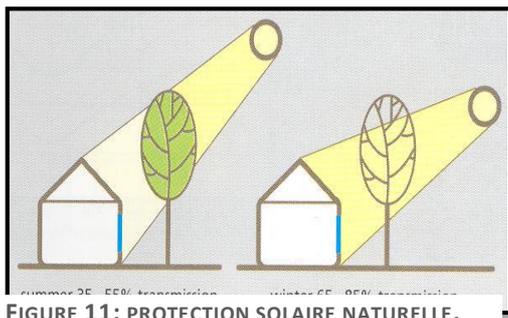


FIGURE 11: PROTECTION SOLAIRE NATURELLE, ADEME PROTECTION SOLAIRE.

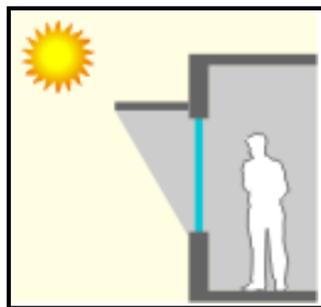


FIGURE 12: AUVENT FIXE SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE.

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.

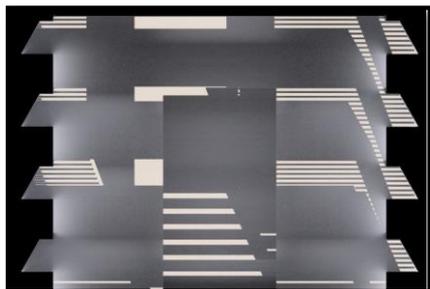


FIGURE 13: VISUALISATION DES TACHES SOLAIRES SUR LE SOL, SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE.



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.

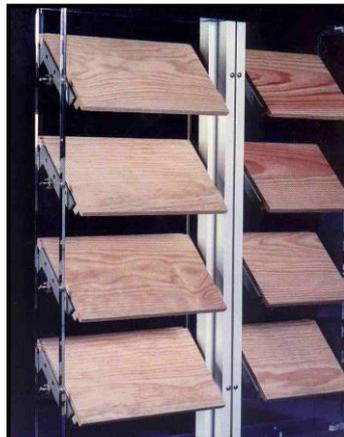


FIGURE 15: BRISE-SOLEIL ORIENTABLES (SAB INTERNATIONAL), SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE

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 exemple¹¹.

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'éblouissement¹².



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

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

¹² 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...¹³



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

¹³[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)¹⁴.

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 menuiserie¹⁵.

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.

¹⁴ L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, www.ademe.fr

¹⁵ « 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 ² .°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 CANDAS¹⁶ « 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 »¹⁷

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)¹⁸

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

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

¹⁷ Victor Candas « confort thermique », Strasbourg, 14-09-2008

¹⁸ 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)¹⁹

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.²⁰

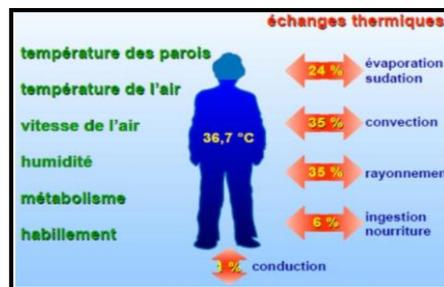


FIGURE 20: LES PERTES THERMIQUES DU CORPS HUMAIN DÉPENDENT DE 6 PARAMÈTRES PHYSIQUES.

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.²¹

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

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

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

²¹ 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.

$T_{rs} = (T_a + T_p) / 2$ T_{rs} : 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).

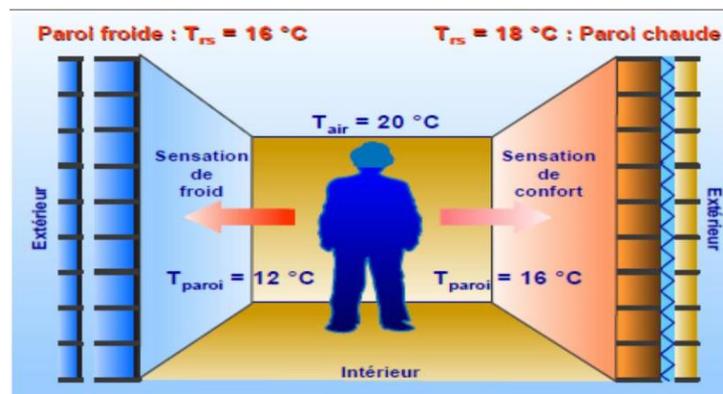


FIGURE 21: LA TEMPÉRATURE DE CONFORT DÉPEND DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR ET DE LA TEMPÉRATURE DES PAROIS. (SOURCE : TRAITÉ D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUE. PARIS 2005)

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, conduits 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)²², impose des valeurs de référence pour les températures de l'air, données par le tableau ci-dessous.²³

Type de local	Température de l'air
Locaux où des gens habillés normalement s'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'examens 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

²² RGPT. (La réglementation générale française pour la protection du travail)

²³ 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.²⁴

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 %).

²⁴Liebard, 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.²⁵

²⁵<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.²⁶

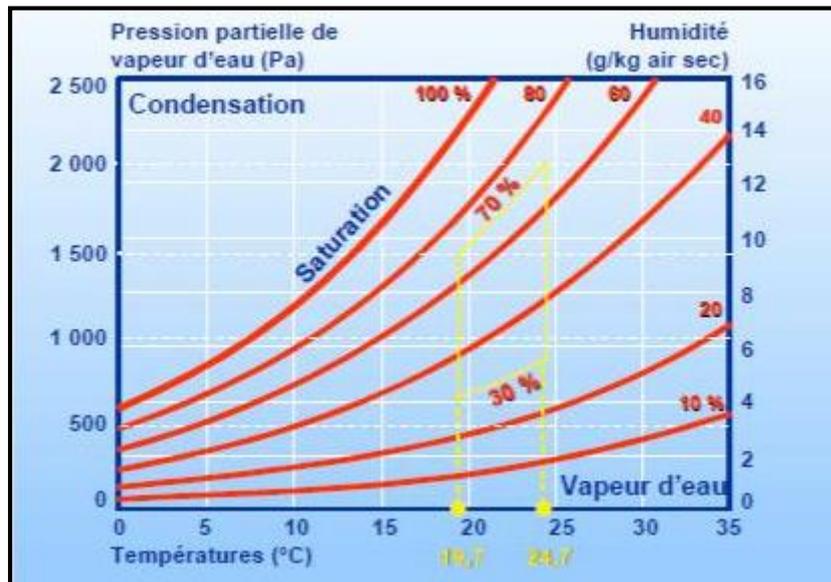


FIGURE 23: PLAGES DE CONFORT POUR UNE ACTIVITÉ DE BUREAU.

(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.

²⁶ 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.²³

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).²⁴

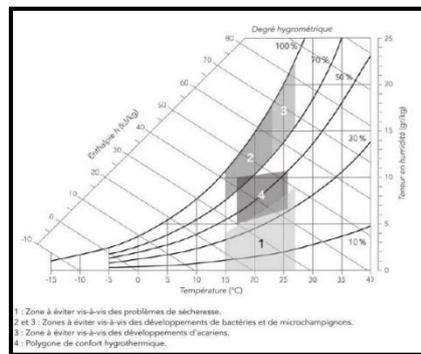


FIGURE 24: LES PLAGES DU CONFORT HYGROTHERMIQUES

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 %.²⁵

²³ <http://www.energieplus.com>

²⁴ Idem

²⁵ 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.²⁶

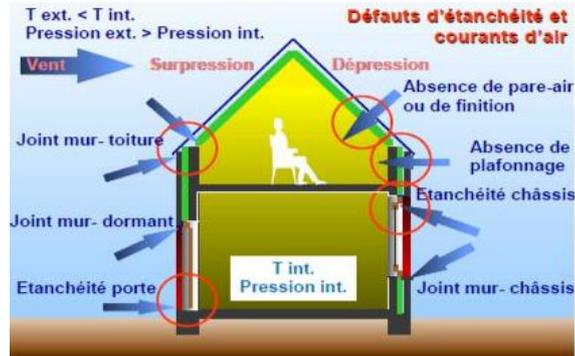


FIGURE 25 LES DÉFAUTS D'ÉTANCHÉITÉ DES BÂTIMENTS SONT DES SOURCES DE COURANTS D'AIR INCONFORTABLES.

(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.

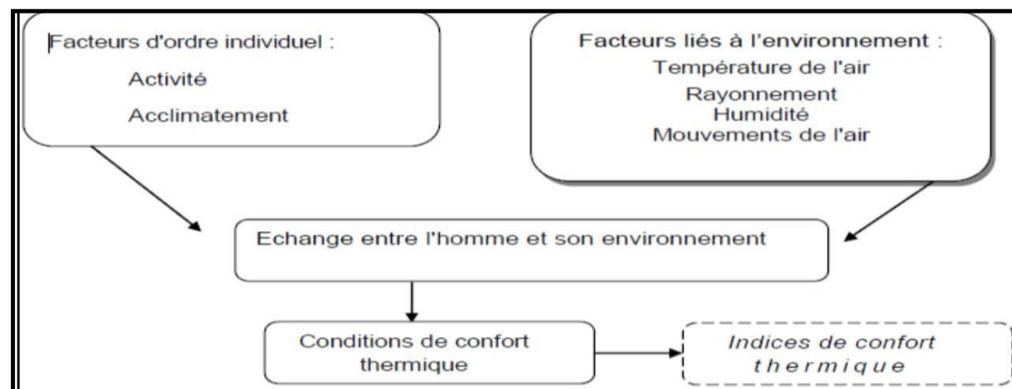


FIGURE 26: LES FACTEURS DÉTERMINANTS LE CONFORT THERMIQUE

(Source : Y. Mansouri, 2003)

²⁶ 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.²⁷

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

TABLEAU 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).²⁸

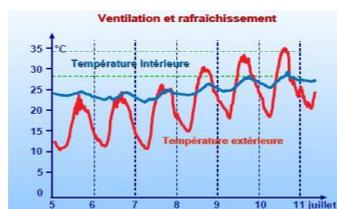


FIGURE 27: EFFET DE LA VENTILATION NOCTURNE SUR LA TEMPÉRATURE D'UNE MAISON HYPER-ISOLÉE EN PÉRIODE ESTIVALE

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

²⁷ 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

²⁸ 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 Met²⁹, 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.³⁰

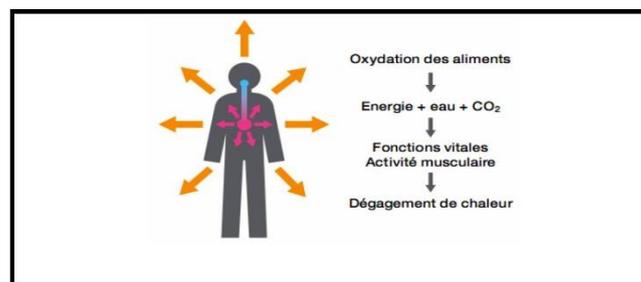


FIGURE 28: LE MÉTABOLISME HUMAIN.

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 W³¹. 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 m²)

²⁹ Met correspondant à l'activité métabolique d'un sujet assis au repos, 1 Met = 58 W/m²

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

³¹ 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 « clo³² », l'unité d'habillement.³³

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.³⁴

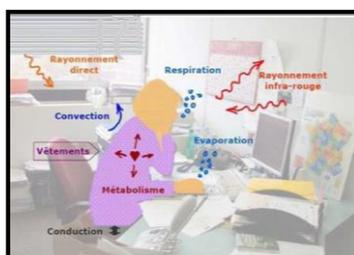
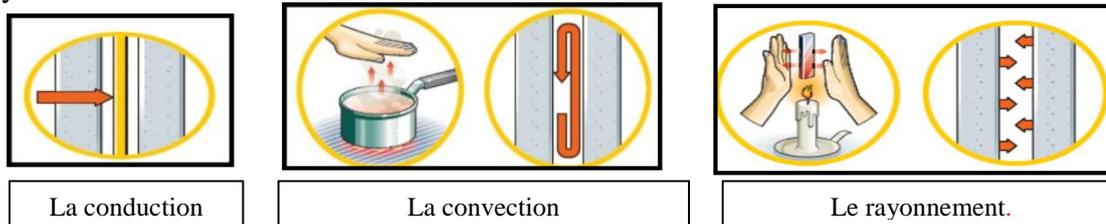


FIGURE 29: L'INTERACTION THERMIQUE ENTRE LE CORPS HUMAIN ET SON ENVIRONNEMENT

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.



³² (1 clo = 0,155 m². °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

³³ 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

³⁴ 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.³⁵

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.

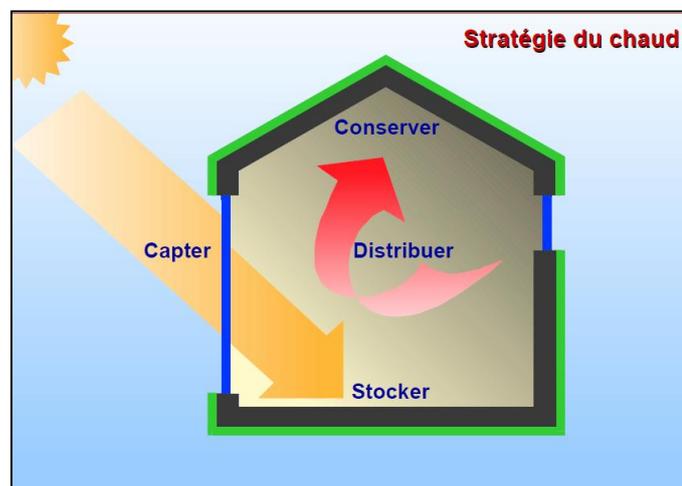


FIGURE 30: LES PRINCIPES DU CONFORT D'HIVER.

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

³⁵ 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 NATIONNAUX ET INTERNATIONNAUX

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).³⁶



Figure32: carte Algérie (Source : lgerie.monde.com)



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

³⁶Cherif 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 / m² 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 m² et, il a quatre étages³⁷.

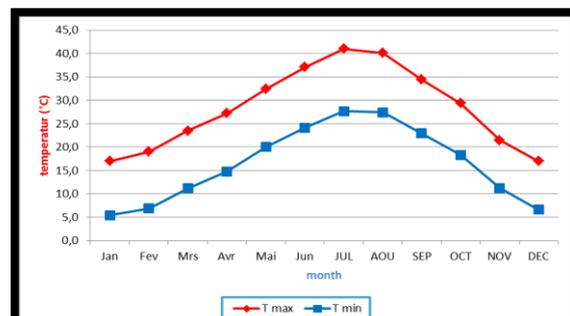


Figure34: la température maximale moyenne de Biskra – Algérie

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)

³⁷ Op cité

Solutions proposées

l'intégration des cellules photovoltaïques

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

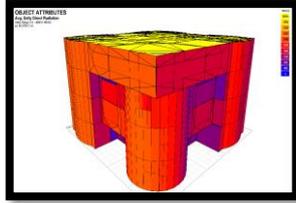


Figure36 : sans protection solaire

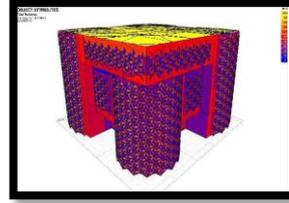


Figure37 : avec ombrage dynamique

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. ³⁸

les moyennes horaires des températures (°C) dans les locaux (bureau)												
mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Ju	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
01.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
02.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
03.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
04.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
05.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
06.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
07.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
08.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
09.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
10.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
11.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
12.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
13.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
14.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
15.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
16.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
17.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
18.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
19.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
20.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
21.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
22.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
23.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
24.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6

Sans ombrage

les moyennes horaires des températures (°C) dans les locaux (bureau)												
mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Ju	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
01.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
02.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
03.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
04.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
05.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
06.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
07.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
08.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
09.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
10.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
11.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
12.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
13.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
14.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
15.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
16.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
17.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
18.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
19.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
20.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
21.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
22.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
23.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6
24.00	8,6	10,5	14,6	18,5	22,6	27,2	31,8	35,6	38,5	40,6	41,6	41,6

Avec l'ombrage dynamique

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

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.

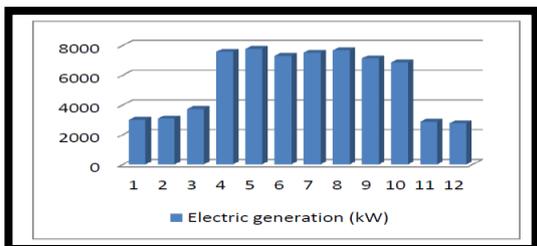


Figure 39 : Production d'électricité mensuelle pour PV semi-transparent

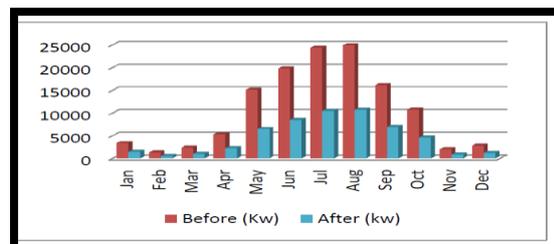


Figure 40: Comparaison des systèmes cinétiques et étude de cas de référence pour la consommation annuelle d'énergie

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 kW³⁹.

³⁹ 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

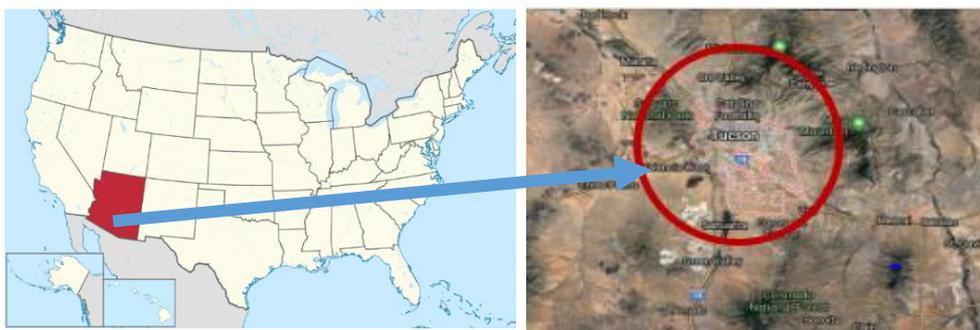


Figure 41 : situation de la ville de Tucson (source : Google maps)

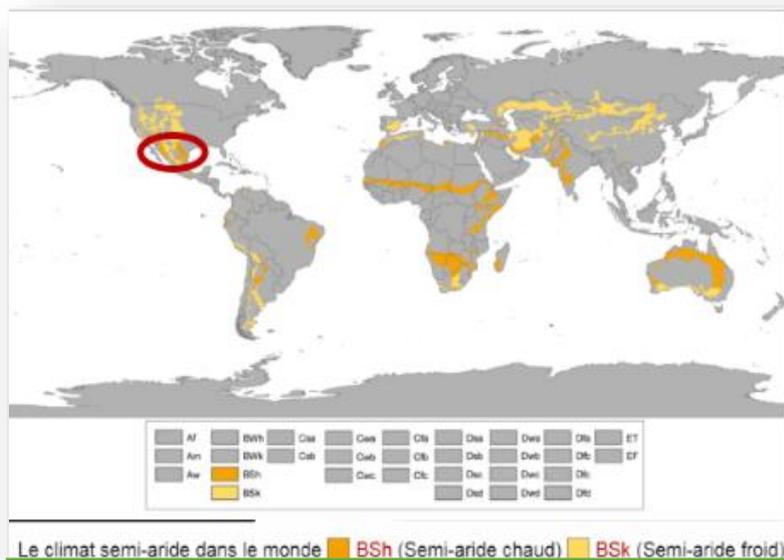


Figure 42 : les pays avec climat semi-aride froid et semi-aride chaud dans le monde
(source : DRY LANDS AND DESERTIFICATION)

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 package⁴⁰

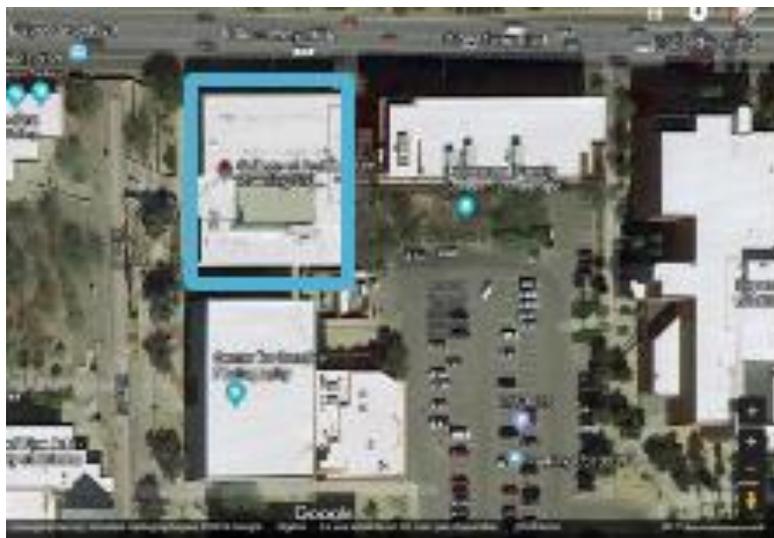


Figure 43: Situation de l'école d'architecture de l'Arizona (source : Google earth)

⁴⁰ 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 «. 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-ouest⁴¹.



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)

⁴¹ 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-midi⁴².

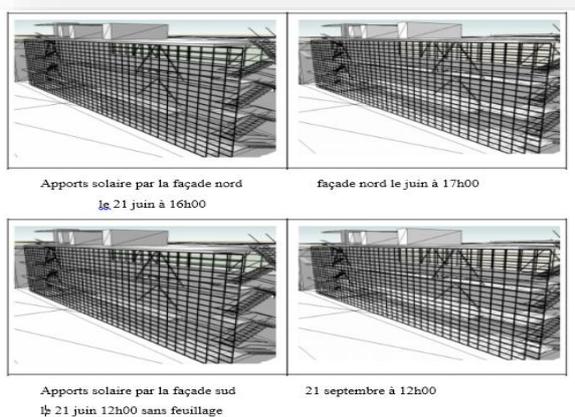


figure 46 L'école de l'architecture et de paysage de l'Arizona (source : Glass Dominated Institutional Buildings in Hot & Arid Climates(the university of Arizona))

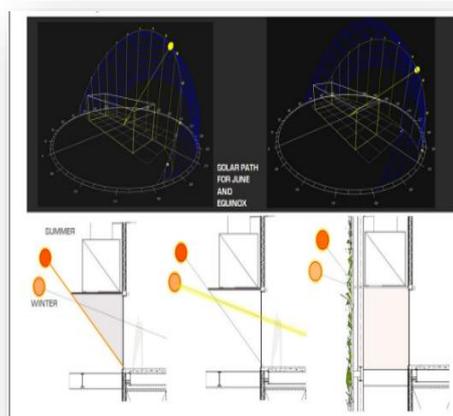


Figure47: Analyse solaire au niveau de la façade sud (source : logiciel ecotecte)

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

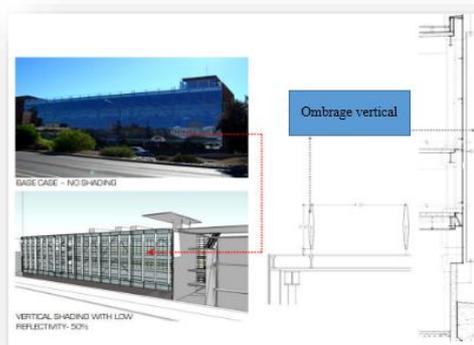


Figure 48: L'utilisation de système d'ombrage au façade

⁴² 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 refroidissement⁴³

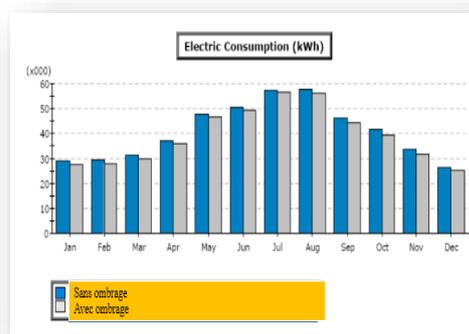


Figure 49: Résultats au niveau de la façade sud

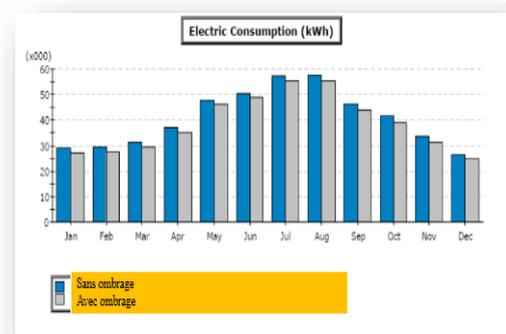


Figure 50: Résultats au niveau de la façade nord

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

⁴³ 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.⁵⁹ 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 design⁶⁰.

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 performants⁶¹

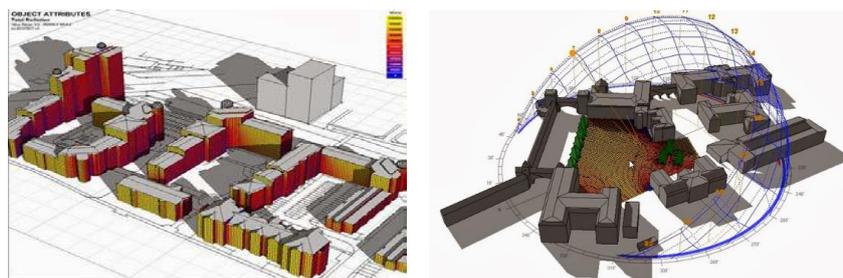


Figure 51 : simulation numérique par Ecotect

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)

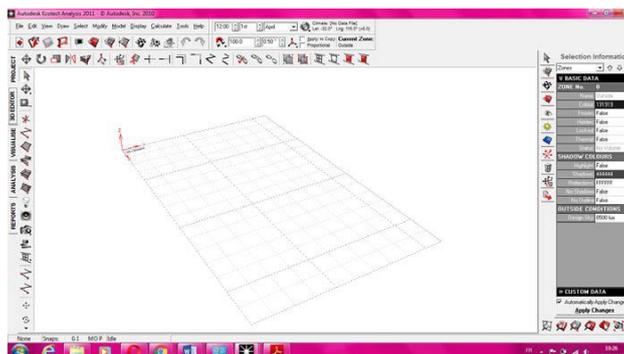


Figure 52 : capture d'écran ECOTECH 2011

Source : étudiante

Etape du travail via ECOTECH :

Les étapes du travail de simulation via le logiciel ECOTECH 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.).

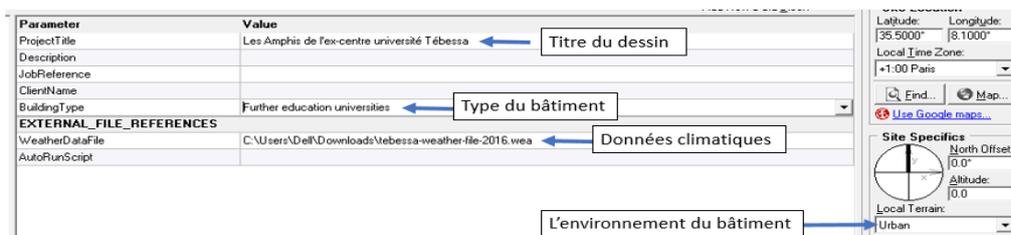


Figure 53 : capture d'écran ECOTECH 2011

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.

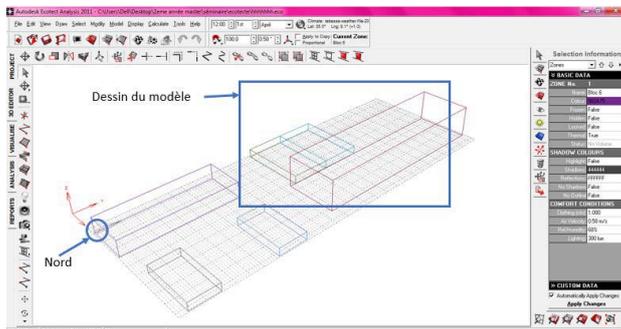


Figure 54: capture de l'interface ECOTECT 2011

Source : étudiante

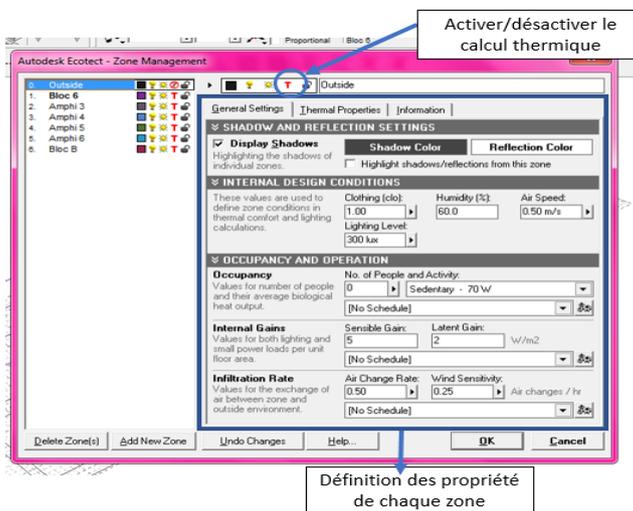


Figure 55: capture de l'interface ECOTECT 2011. Les différentes propriétés de chaque zone

Source : étudiante

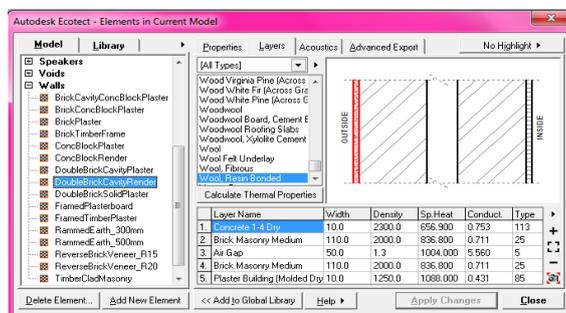


Figure 56: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choisir les matériaux de construction.

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).

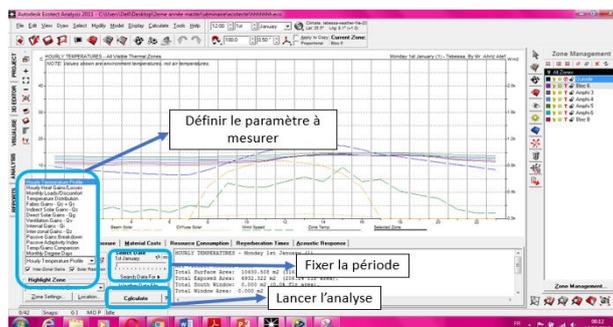


Figure 57: capture de l'interface ECOTECT 2011. Etape d'analyse.

Source : étudiante

Intégration des données météorologique de la ville :

Cliquer sur projet et chercher Weather data file

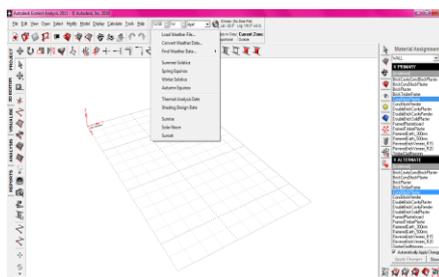


Figure 58: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville de Tébessa.

Source : étudiante

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

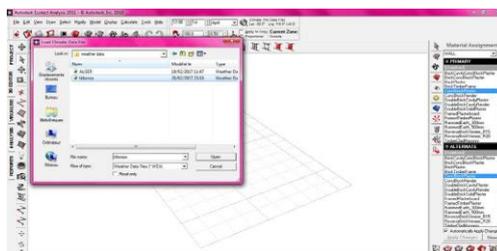


Figure 59: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville de Tébessa.

Source : étudiante

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

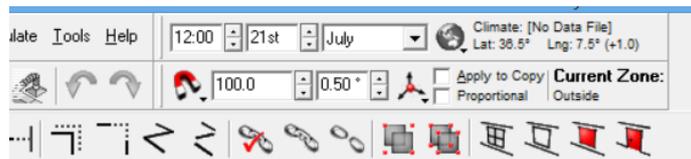


Figure 60: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville.

Source : étudiante

Réglage des paramètres de ECOTECT :

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

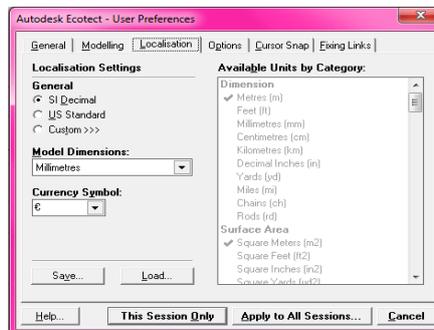


Figure 61: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix l'unité de dessin.

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.

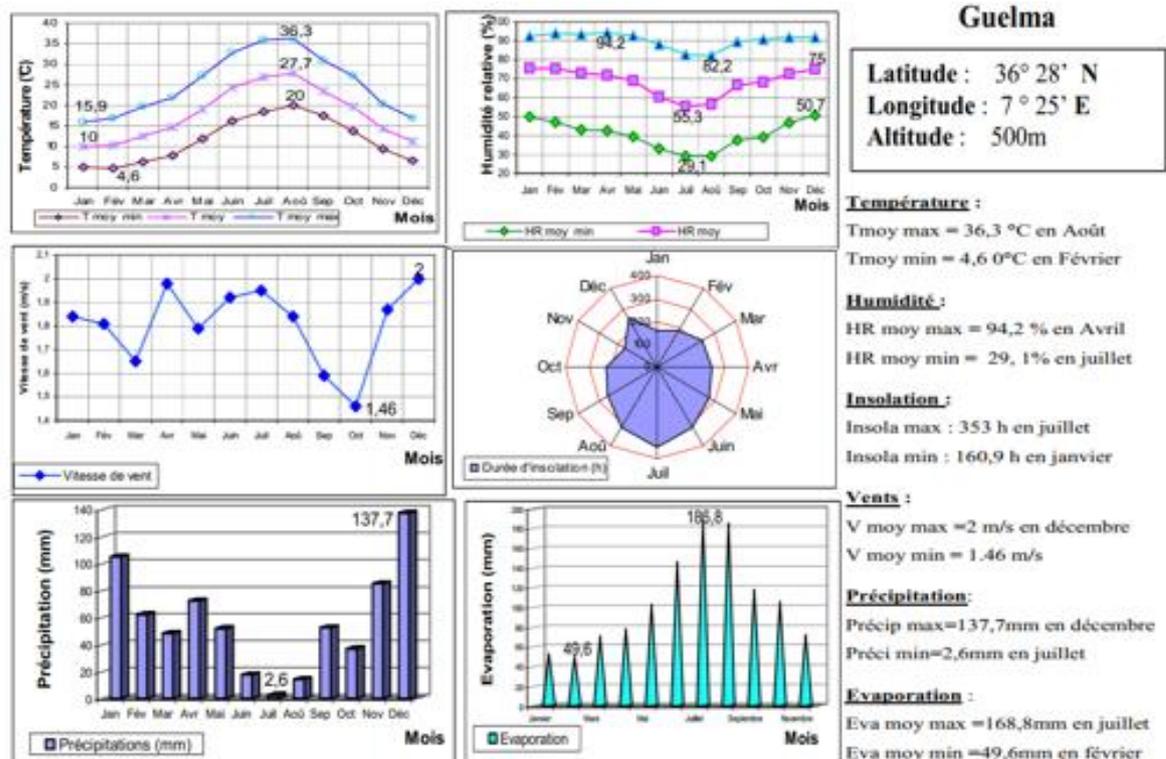


Figure 63 : Interprétation des données météorologiques de Guelma : période 95-2004(Source : Météo, 2004, réadapté par auteur)

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.

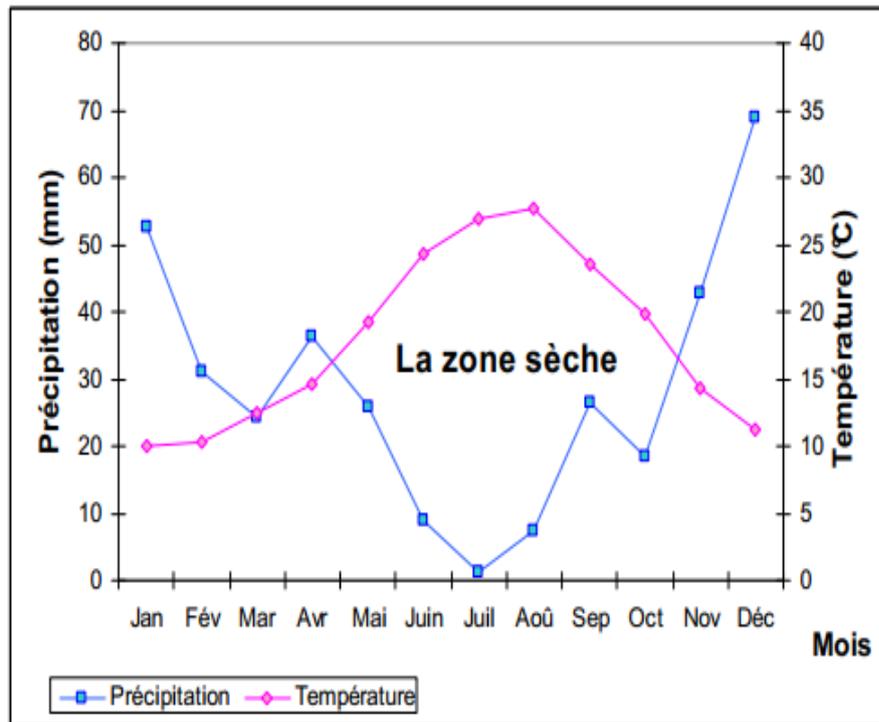


Figure 64 : Diagramme ombrothermique de Guelma

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							
Angle du soleil levant & couchant		60° 43' 4h 03'	64° 32' 4h 17'	75° 36' 5h 01'	90° 24' 6h 01'	104°63' 6h 59'	115°67' 7h 43'	119°58' 7h 58'

Figure 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.

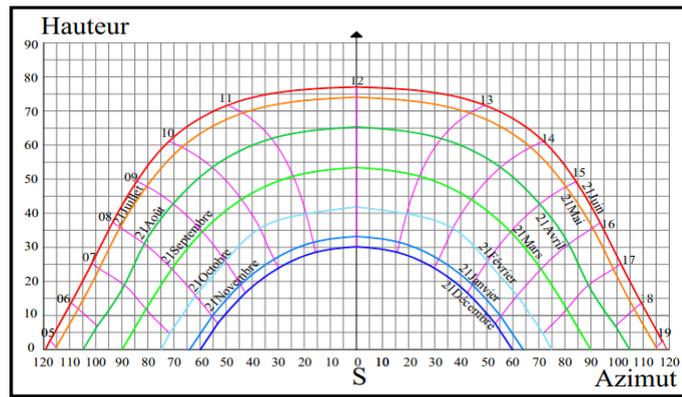


figure66: Diagramme frontale de Guelma : latitude 36° 28'

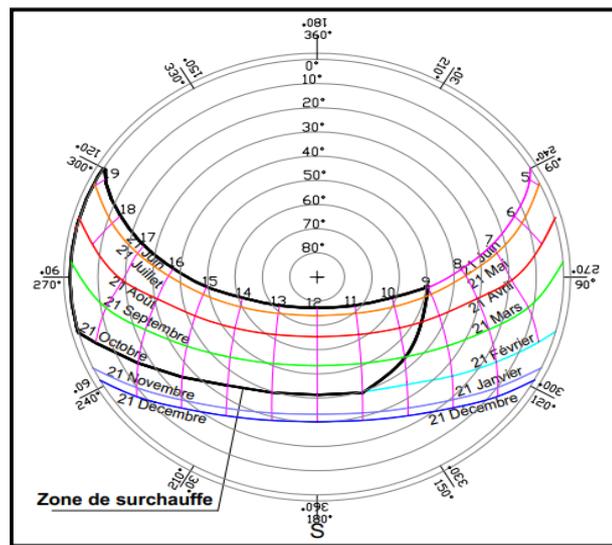


Figure 67 :Diagramme polaire de Guelma (présentation de la zone de surchauffe en noir)

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.

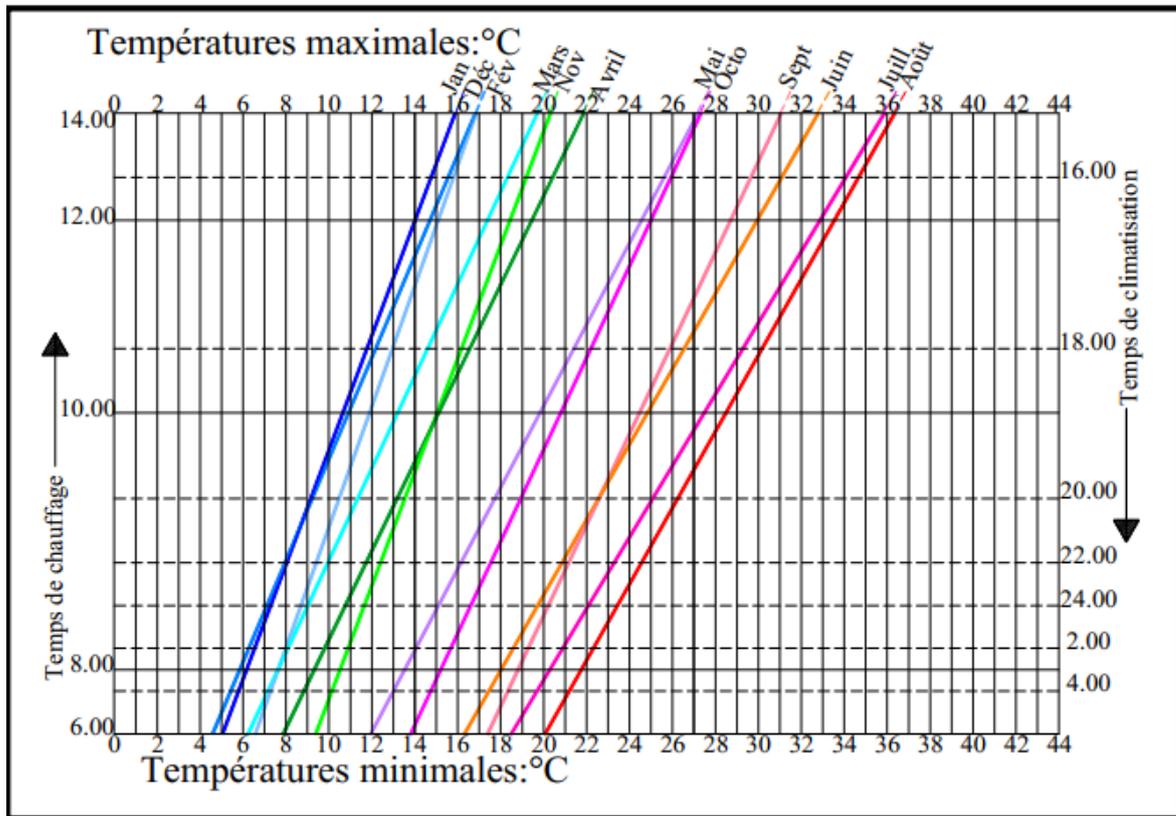


figure 68: Calculatrice des températures horaires

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.

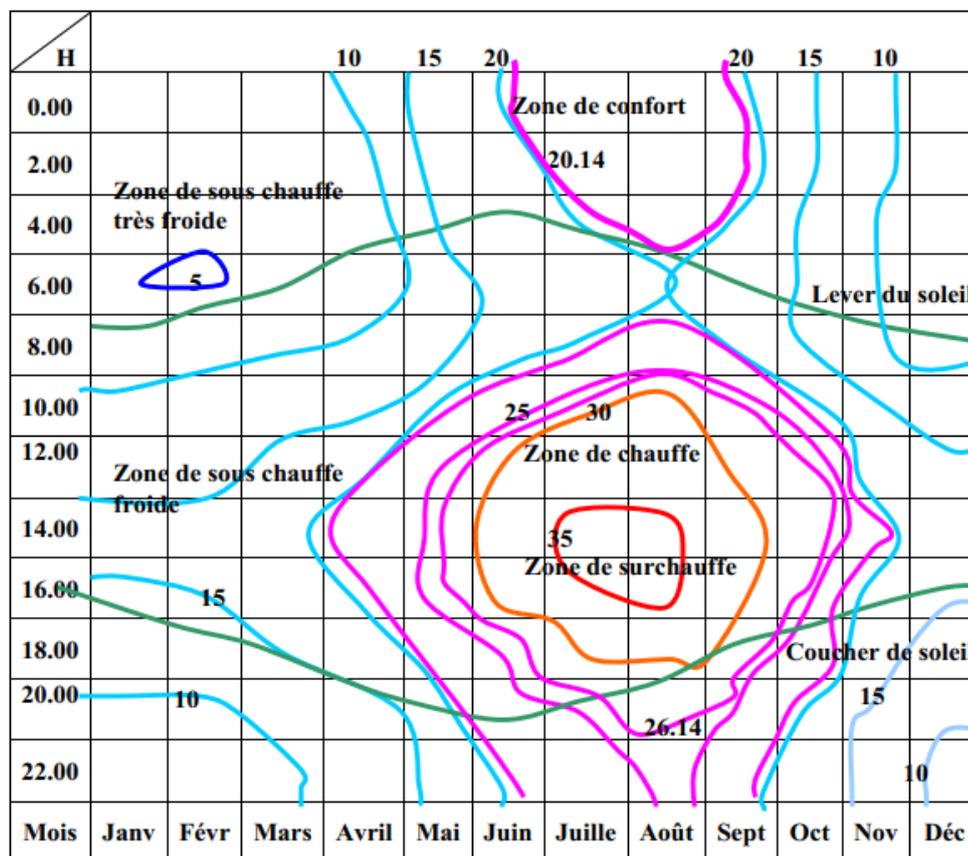


figure 69 : Courbes d'égalité de température (isopleth) par mois et en heure de Guelma.

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

Plaines et Plateaux : 27,22 %

Collines et Piémonts : 26,29 %

Autres : 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 m³ 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 m³/an.

- **Eaux superficielles:** 224,86 millions m³ se répartissant comme suit :
 - *Barrage de Bouhamdane : 220 millions m³ ;
 - *Barrage de Medjez-Beggar (Ain Makhoulouf): 2,86 millions m³ ;
 - *Important nombre de retenues collinaires : 1,578 millions m³ ;

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 m³/an.

2/ O. Bouhamdane: Prend sa source à l'ouest; d'un apport de 96 millions m³/an.

3/ O. Mellah: Provenant du sud-est; d'un apport total de 151 millions m³/an.

4/ O. Charef: Prend sa source au sud; d'un apport total de 107 millions m³/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.

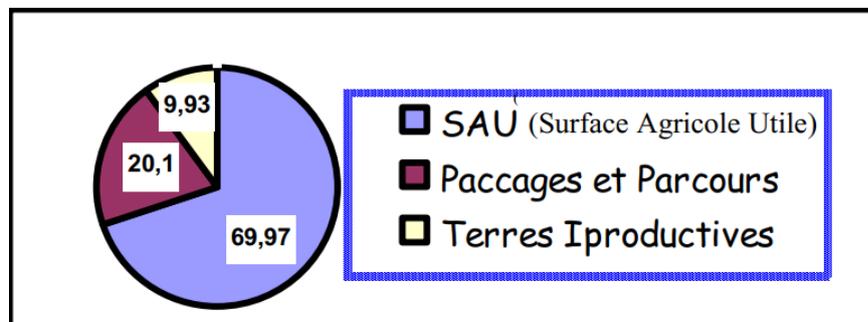


Figure 73 : Répartition de la superficie agricole/SAT (Source: Services agricoles de Guelma, 2004)



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 m³ de bois.

I.7.4 Les sources thermales

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



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 ;

⁴⁷MEDJELEKH 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.⁴⁸

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

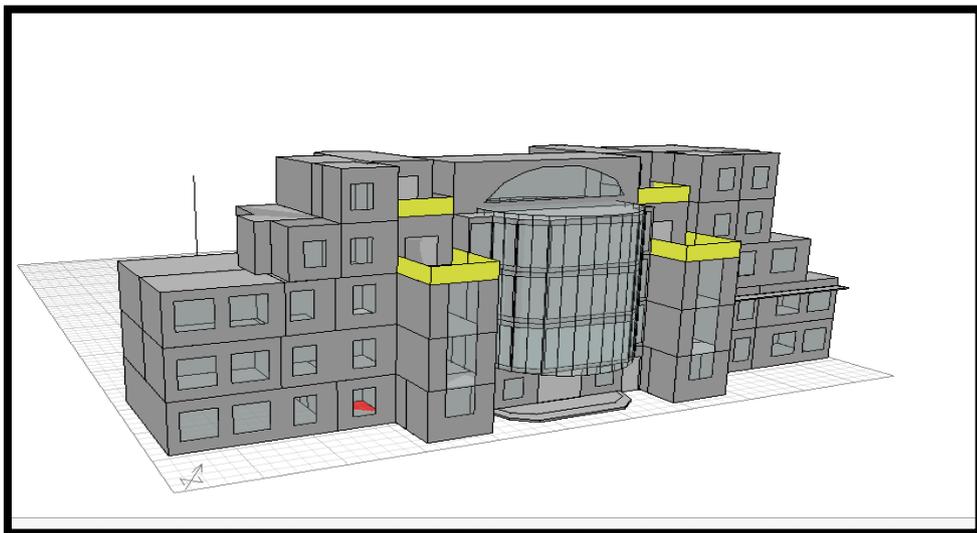


Figure 76: Centre des impôts à Guelma dessiné par le logiciel ecotect@

⁴⁸ 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 :

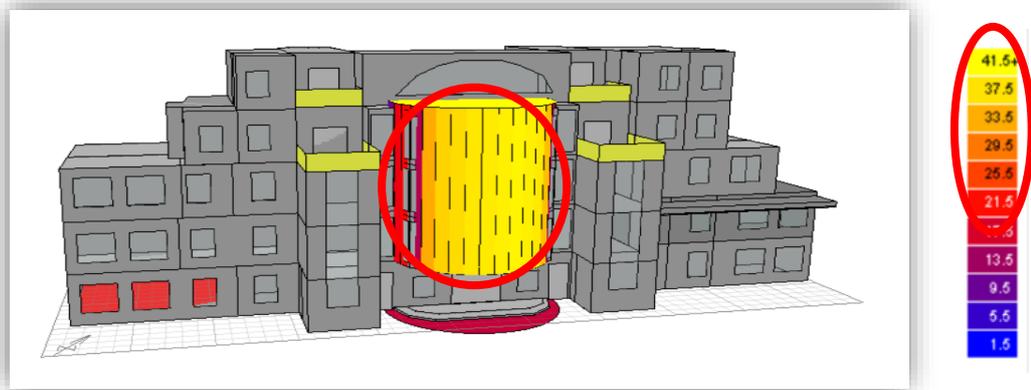


Figure 77 : Centre des impôts à Guelma après l'analyse thermique

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.

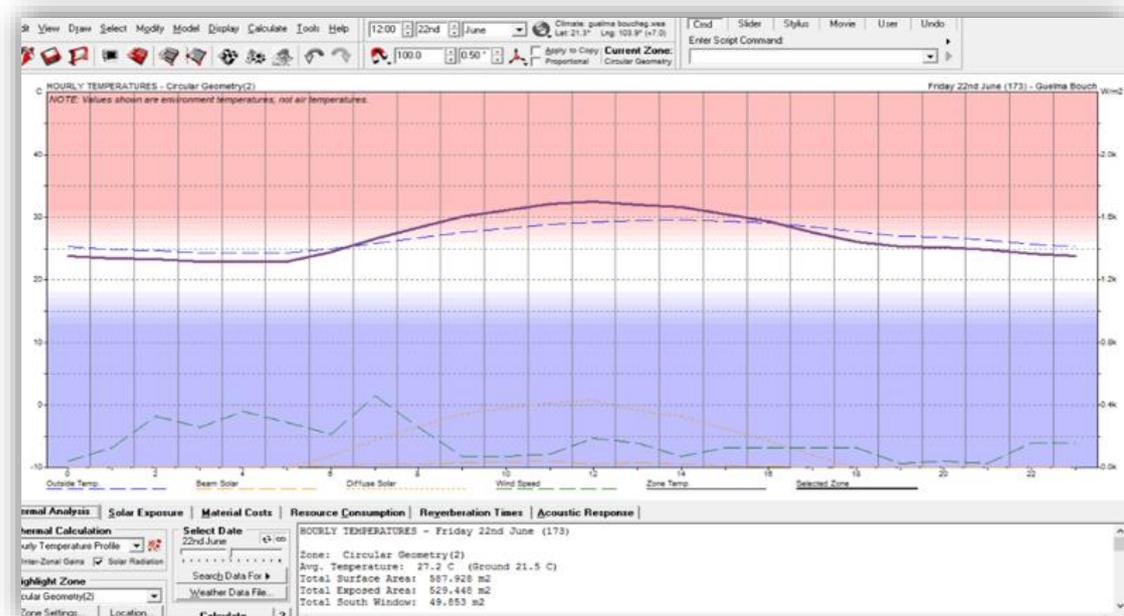


Figure 78 graphe qui montre la température de l'espace intérieur par rapport à celle de l'extérieur

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

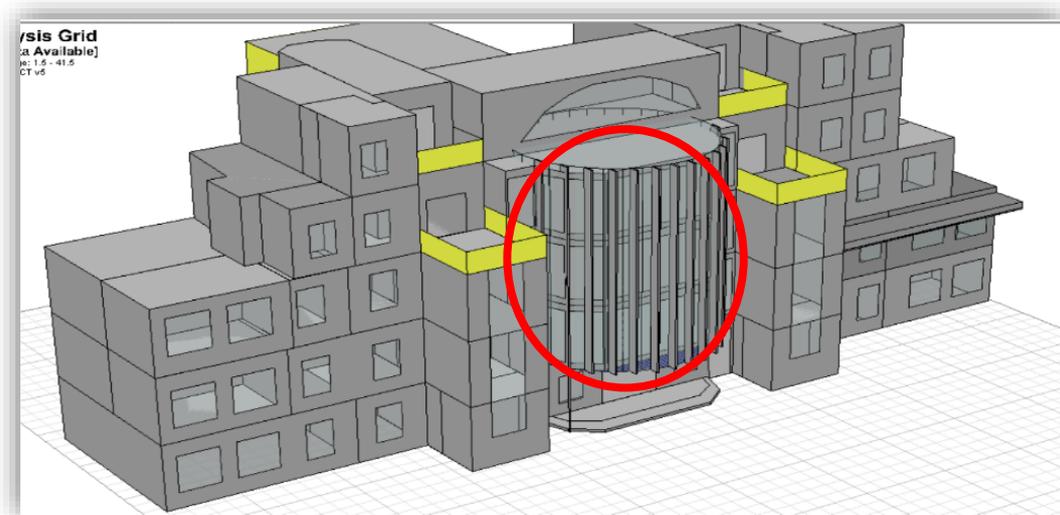


Figure 79 : Centre des impôts à Guelma après l'utilisation d'un système d'ombrage (Source : auteur)

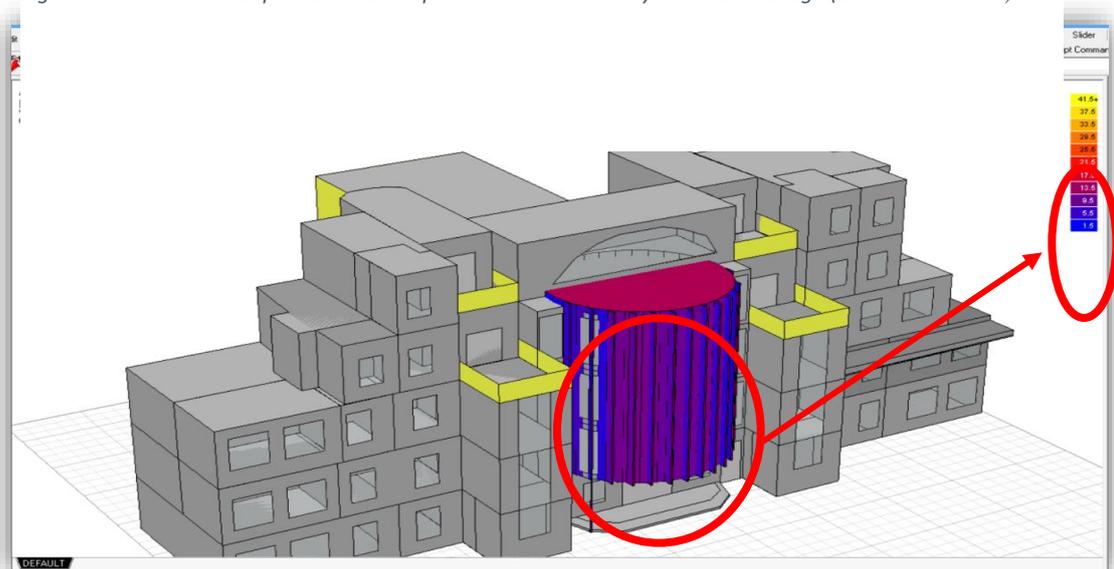


Figure 80 Centre des impôts à Guelma après l'analyse thermique après l'installation du système d'ombrage

Source : auteur

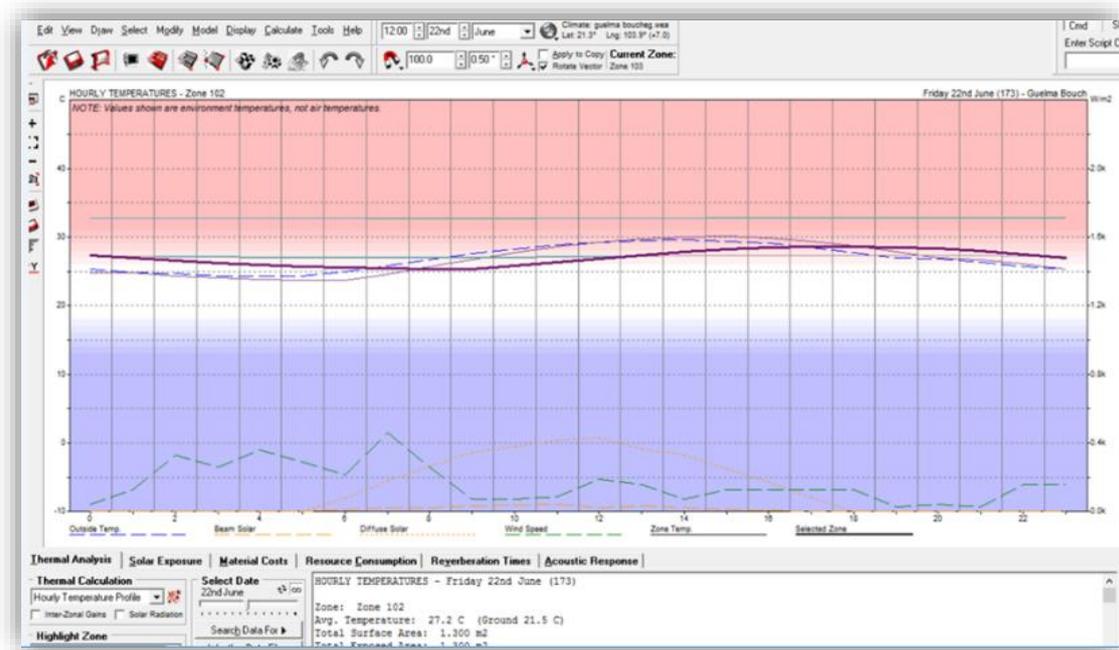


Figure 81 graphe qui montre la température de l'espace intérieur après l'installation du système d'ombrage

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

Introduction

Afin de déterminer le programme nécessaire pour commencer à esquisser il faut d'abord avoir une idée sur la distribution et la composition des espaces dans des projets pareils soit au niveau du local ou même à l'internationale, et c'est ce que présente ce chapitre.

I. Centre d'affaires : les cascades à Alger

I.1.Fiche technique :

-**Centre d'affaire** : les cascades

-**Situation** : Alger, Birkhadem

-**Surface totale** : 71430 m²

I.2.Principes de conception :

I.2.1. Aspect Extérieur

Le centre d'affaire est éventuellement en contact avec son environnement sur le plan visuel.

L'espace vert : des grandes surfaces non aménagées situées au nord de l'immeuble.

Parking : situer au sous-sol du projet plus un autre située a l'extérieur pour le personnel

Les cascades incitent au développement d'une zone, de renforcer et rééquilibrer le quartier.

Le centre commercial est facile à repérer en voiture car il se voit à grande distance.

Suivant sa taille et son attraction, il produit un flux important de circulation.

Donc, les infrastructures routières existantes permettent de résoudre les problèmes de d'écoulement de trafic.



Figure 82 plan de situation du centre d'affaire les cascades (source :auteur)



Figure 83 : la façade principale du centre d'affaires

Source : sousou582.skyrock.com

I.2.2. Composition spatiale extérieur et Description du contenu :

-Sous-sol : parking

-Les 3 premiers étages : centre commercial et restaurants

-Étages intermédiaires : bureaux/box de travail

-Derniers étages : logements haut standing

Volume 1 :

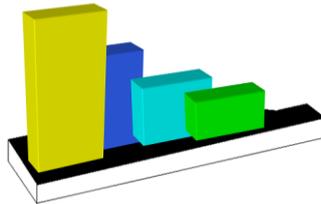
Du sous-sol au niveau 2 :

Pour cette forme ils ont choisie la forme trapézoïdale compacte (monobloc) pour libérer les espaces qui vont accueillir les foules.

Volume 2 :



L'ouvrage est constitué de quatre corps de bâtiment d'inégale hauteur donnent un agréable effet de volume en cascade



Volume 3 :

On a quatre volume en forme de toit, symbolisant un toit de maison qui englobe les appartement haut standing, coiffons l'ensemble et qui font un tout volumétrique homogène.



Les façades sont traitées d'une façon architecturale adaptée d'éviter l'effet « écran »

Les murs éclairés sont équipés d'un verre pour donnée la notion de la transparence au niveau des bureaux offrant des lieux de travail confortable

La façade est traitée de murs rideaux pour ceux éclairé.

Une porte monumentale au milieu de la façade principale fait office d'accès à cette superstructure.



Figure 84 : façade principale du centre d'affaire.

Source : auteur

I.2.3. Aspect Intérieur :

Le parcage automobile des clients se réserve plusieurs étages du centre commercial et une aire entourant le bâtiment au rez-de-chaussée, à l'air libre pour les services.

Le contact entre la voirie publique et le centre d'affaire se fait par cette aire de parcage.

Les escaliers de secours à l'extrémité du bâtiment.

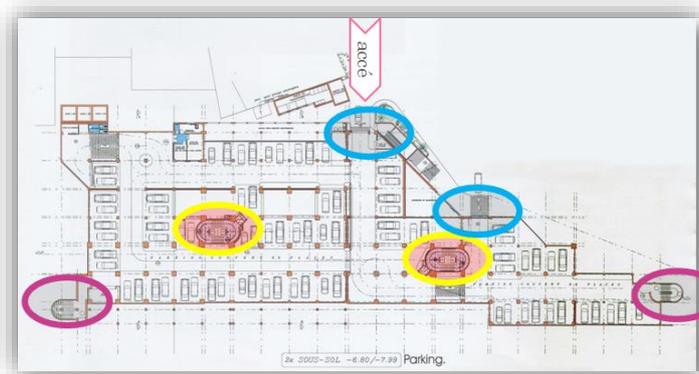


Figure 85 : plan du sous-sol

Source : auteur

La circulation verticale présentée par : Les escaliers + les ascenseurs.

Le centre favorise 2 accès qui rendent la circulation plus facile

Des zones tampons pour sécurité

Une localisation périphérique des aires de livraison

L'étage entouré par la végétation pour donner une vision animée et enrichir les espaces.

Un espace important réservé pour : l'esplanade au 3ème étage

Les outils du déplacement vertical disponibles pour les 3 niveaux de commerce : les escalator+ escalier + les ascenseur.

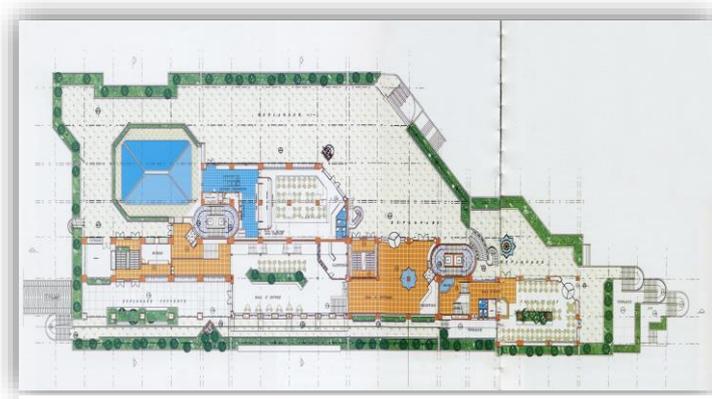


Figure 86 plan du R.D.C

Source : auteur

Les bureaux paysager « étages intermédiaire » :

Les bureaux : de type open space « les espace ouvert » qui rendre les espaces changeables et plus utiles

En arrivant au niveau des bureaux : on remarque une réduction de la masse bâtie.

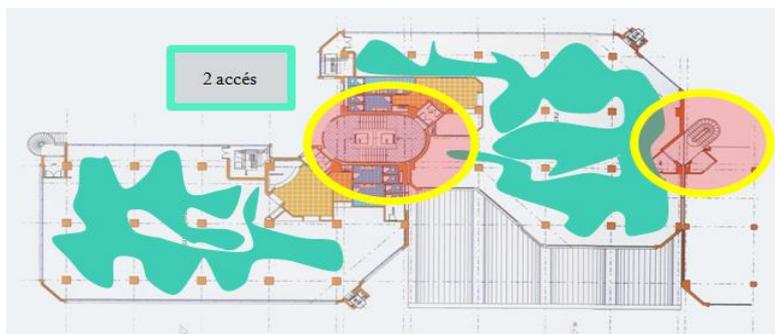


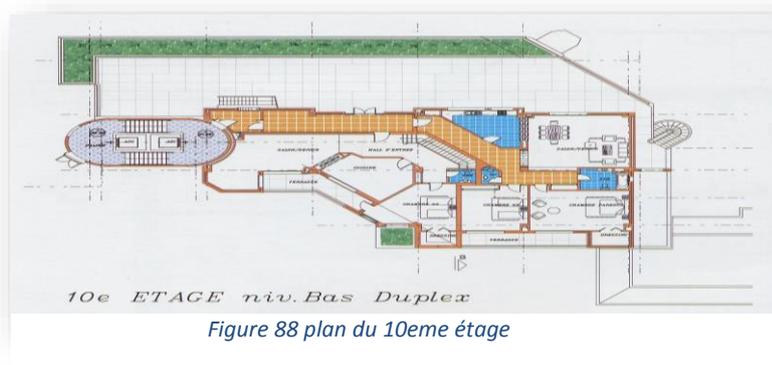
Figure 87 PLAN DU 3eme étage

Source : auteur

Les appartement grand standing « haut de l'immeuble »

Les appartements sont isolé la partie commerce Donc ;c'est une zone de confort pour les occupants.

Il existe une zone de transition : un sas d'entrée ; long couloir pour y arriver.



Source : auteur

Le moyen de déplacement entre les niveaux change avec le changement des besoins et des fonctions

La 1ère remarque c'est la dégradation de niveaux

La présence d'un certain équilibre entre la verticalité et l'horizontalité qui est assuré par la dégradation des hauteurs.

Fonctionnellement : la disposition des espaces est logique.

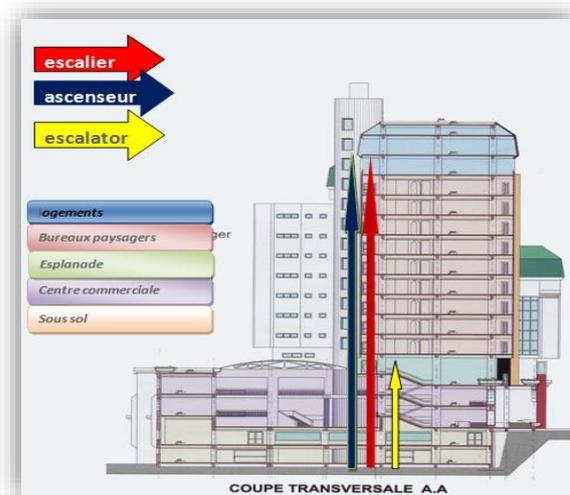


Figure 89 coupe transversale

Source : auteur

I.3. Programme retenu

Tableau 06 programme retenue du centre d'affaire les cascades d'Alger (source : auteur).

ESPACE	ETAGE	SURFACE
PARKING	SOUS SOL	15000 M ²

LOCAUX TECH	SOUS SOL	625 M ²
CENTRE COMMERCIAL	RDC	12570 M ²
CAFETERIA ET RESTAURANT	RDC	825 M ²
COMMERCE	1ER ÉTAGE	12750 M ²
RESTAURANT ET CAFE	1ER ÉTAGE	825 M ²
COMMERCE	2ÈME ÉTAGE	11945 M ²
RESTAURANT ET CAFETERIA	2ÈME ÉTAGE	825 M ²
BUREAUX PAYSAGER	ÉTAGE INTERMÉDIAIRE	16000 M ²
APPARTEMENTS HAUT STANDING	LES DERNIERS ÉTAGES	/
ESPACE SANITAIRE	CHAQUE ÉTAGE SAUF LES DERNIERS	65 M ²

II : CNIT DE LA Défense PARIS France :

On a choisi le Centre des nouvelles Industries et des Technologies grâce a sa grande importance car il est le plus espace clos dans l'Europe. Ainsi que se dernier montre le génie de l'architecture et L'ingénierie française

II.1: Présentation du projet :

Le **Centre des nouvelles industries et technologies (CNIT)** est le premier bâtiment construit à Défense, en remplacement des anciennes usines Zodiac, sur le territoire de Puteaux. Construit en 1958, par les architectes :

- Robert Camelot
- Jean de Mailly
- Bernard Zehrfuss
- Nicolas Esquillan (voûte)

- Jean Prouvé (façades)

Le CNIT a fait l'objet de deux restructurations, achevées en 1988 et en 2009. Il est géré par la société Vi paris.



Figure 90 centre d'affaire CNIT

Source : www.lemonde.fr

II.2 Aspect Extérieure :

Le CNIT se situe dans le quartier d'affaire de la défense à l'Ouest Parisien à l'intérieur de l'emprise du boulevard circulaire

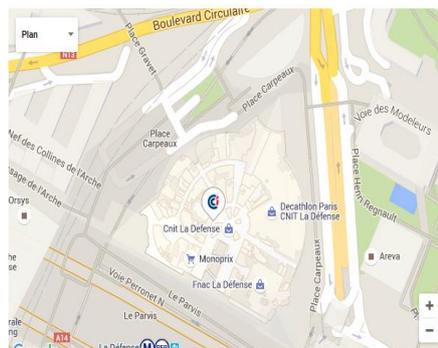


Figure 91 plan de situation

Source : www.window-ladefense.com

Pour la forme du terrain la bâtisse occupe une surface triangulaire alignée par rapport à la route voisine. Pour les parkings ils sont situés au sous-sol du projet proche du niveau D comprend 25000 places de stationnement.



Figure 92 : vue de dessus du CNIT

Source : www.lemoniteur.fr

Le CNIT est un monobloc de forme un triangle curviligne couvert par une toiture paraboloidé hyperbolique



Figure 93 la forme du bloc

Source : www.lemoniteur.fr

Les façades du CNIT sont en verre tenue par des profiles très minces en acier inoxydable. On remarque aussi l'utilisation des formes circulaire et courbé couverte d'un verre monocristal pour éviter l'effet d'écran, cette forme imposante va renforcer le caractère français et montré sa puissance économique.



Figure 94 façade principale du CNIT

Source : univers-retail.over-blog.com

II.3. Aspect urbain et fonctionnel :

Le CNIT est implanté dans une Parcelle de forme triangulaire

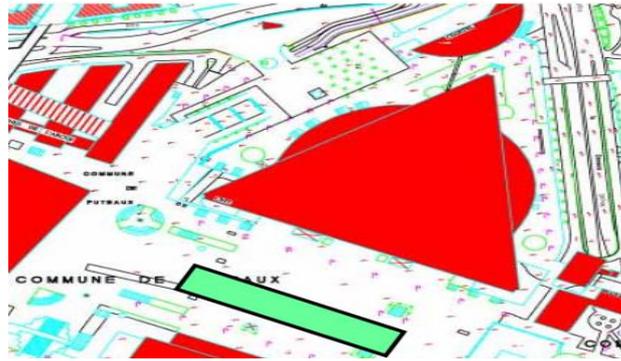


Figure 95 La forme du parcelle

Source : auteur

II.4 : Aspect intérieur :

II.4.1 : Les plans des différents niveaux :

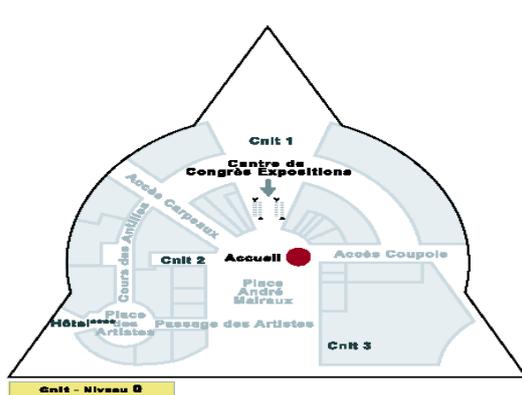


Figure 96 niveau 0 (source : auteur)

Niveau 0 : Hôtel, accueil, centre de congrès et d'exposition

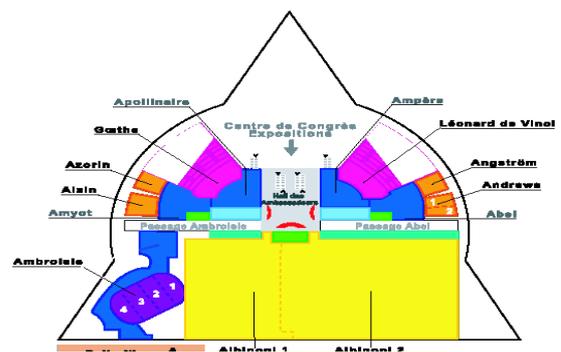


Figure 97 niveau A (source : auteur)

Niveau A : halls, amphithéâtre, salles, espaces polyvalents, foyers, Bureaux, commissariats, vestiaires, centres de congrès et D'expositions, accueil

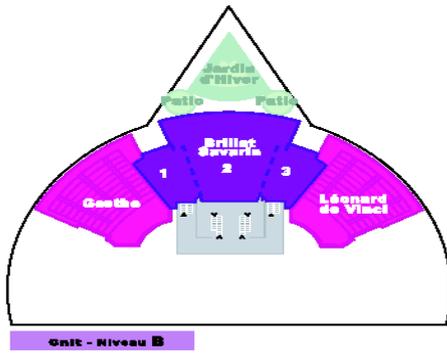


Figure 98 niveau B (source : auteur)

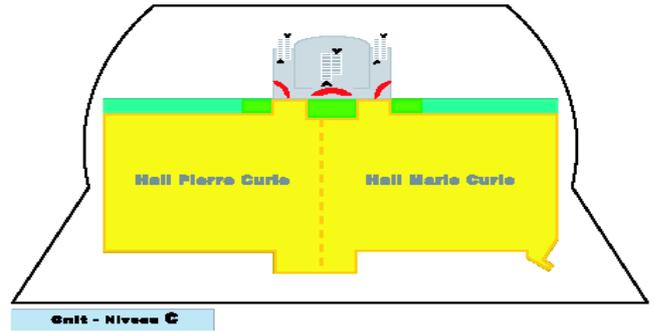


Figure 99 niveau C (source : auteur)

Niveau B : jardin d'hiver, espace polyvalents, Amphi théâtres.

Niveau C : vestiaires, commissariats, Accueil, hall.

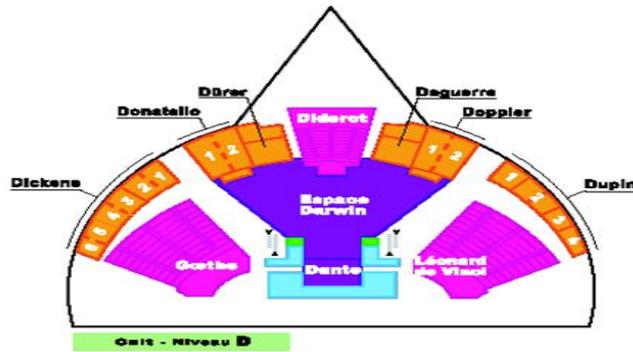


Figure 100 niveau D (source : auteur)

Niveau D : bureaux, vestiaires, amphithéâtres, Commissariats, espaces polyvalents.

Ils ont ajouté récemment des espaces pour la détente et le loisir Le « CNIT MOVE » un espace de 5000 m² où il est possible de s'adonner au Golf à l'escalade ou encore à la live escape Game ces espaces ont été ajoutés au niveau des grands Halls d'accueil de circulation

II.5. Système constructif :

Lors de sa construction, le CNIT a étonné le monde par son audace spatiale, Sa voûte haute de 50 mètres construite sur un triangle équilatéral de 218 mètres. Une structure autoportante.

La structure comporte trois arcs de rive et des poutres joignant les deux arcs. Entre des pannes et chevrons métalliques portent les plaques d'Acier.

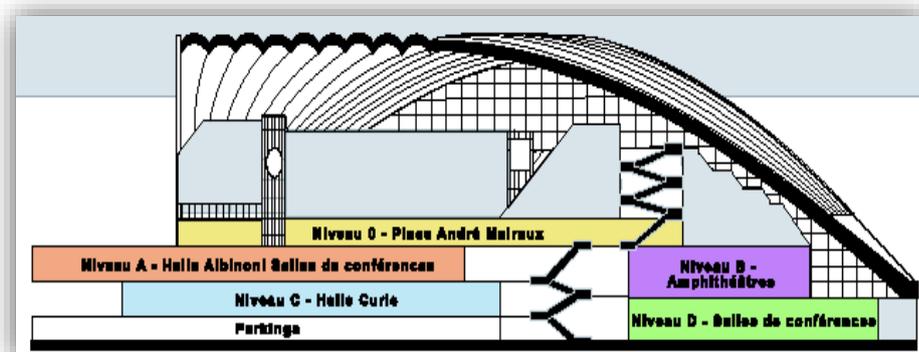


Figure 101 coupe qui montre la disposition des étage (source : auteur)

II.6. Programme retenu

Tableau 07 programme retenu du centre d'affaire CNIT (source : auteur)

	Activités	locaux	Surface (m ²)	confort	remarque
Affaire	Conférence	03 salles conférences	300	Isolation thermique et phonique assurées par sa voute en double coque (6 cm chacune)	Chaque niveau de CNIT regroupe deux fonctions ou plusieurs reliées entre elle avec un hall
	Réunion	21 salles de réunion	750		
	Fonctions libérales	06 salles	120		
		12 salles	110		
		39 bureaux	80		
			50		
			/		
commerces	commerces	24 Locaux commerciaux			Les espaces de Commerces occupent le RDC.

Détente et loisir	Loisir et détente	Hall 1, 2, 3,4 salles	335, 400, 400,500 2877		Les espaces d'accueil et d'exposition couvrent la majorité de la surface qui affirme la vocation de bâtiment.
-------------------	-------------------	--------------------------	------------------------------	--	---

Programme adapté

Tableau 08 programme assemblé

	les espaces	surfaces m ²	nombre	surf sous- totale m ²
Entreprises	petites entreprises	200	3	600
	moyennes entreprises	400	4	1600
	grande Entreprises	800	3	2400
	les sanitaires (h/f)	40	4	160
Les agences	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
les bureaux	Bureaux à usage multiple	200	4	800
Bureaux d'administrations générales	bureau directeur	60	1	60
	sécuritaire	20	1	20
	bureau de comptable	30	1	30
	bureau de gestion	40	1	40
	salle de réunion	40	1	40
	archive	20	1	20
	sanitaire	40	1	40

partie commerce	magasin de consommation	400	1	400
	magasin à grande surface	150	8	1200
	Boutiques	80	7	560
	super marché	1200	1	1200
	Hall d'accueil	500	1	500
	aire d'exposition	300	1	300
Loisir et détente	restaurant	600	5	3000
	sanitaires	40	2	80
	cafétéria	80	5	400
	salle de bowling	800	1	800
	patinoire	200	1	200
	aquarium	300	1	300
	Garde enfants	120	1	120
locaux technique	Chaufferie	80	1	80
	Ventilation, climatisation	80	1	80
	Électricité	80	1	80
	Cour de service			0
	vestiaires Sanitaires et	30	1	30
parking				

IV. Analyse de site

IV.1. Présentation de la wilaya de Guelma

La ville de Guelma , qui est la capital d'un district et d'une province portant le même nom, se situe dans le nord-est de l'Algérie, à 65 km seulement de la mer Méditerranée. Nichée aux pieds des montagnes Maouna, Dbegh et Houara, à 290 mètres au-dessus du niveau de la mer, la ville et ses alentours ont toujours bénéficiés de sols fertiles procurées par la rivière Seybouse et un grand barrage de retenue. De plus Guelma se trouve sur un carrefour de plusieurs routes de transit reliant la côte avec l'intérieur des terres, ce qui en fait un point stratégique important.

IV.2. Situation du site d'implantation

Le terrain se situe dans la partie nord-est de ville de Guelma.

-Il a une forme trapézoïdale.

-Il est bien ensoleillé.

-C'est un terrain qui ne présente aucune pente

Il occupe une Surface de 51000m².

-Avec une Accessibilité assurée par la voie nationale n20 et une autre n80.

-Il s'intègre dans une zone industrielle

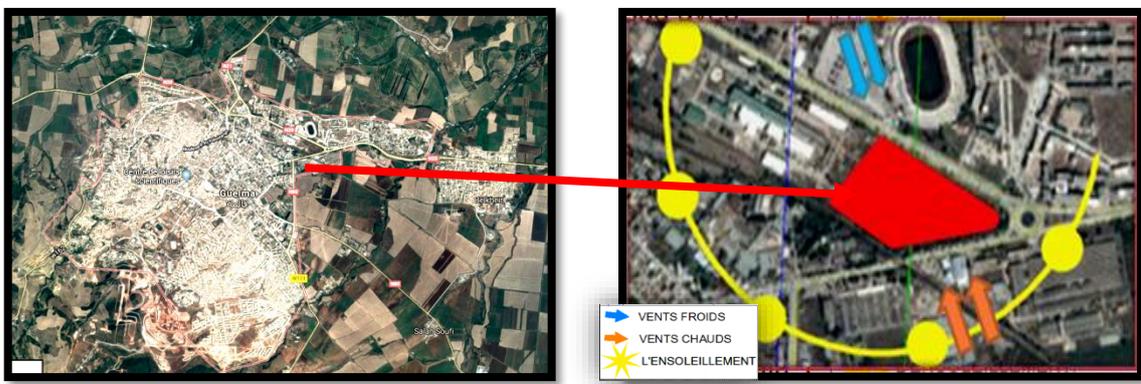
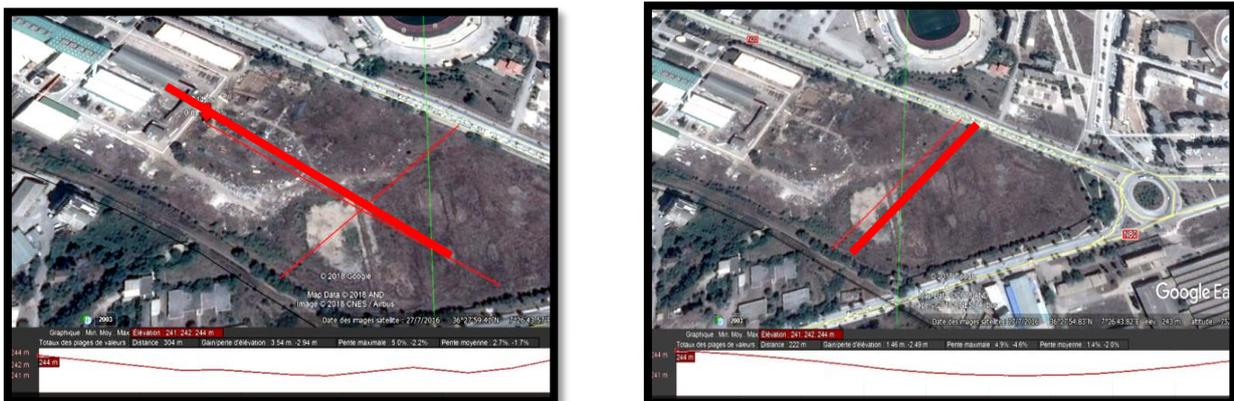


Figure 102 situation du site dans la ville de Guelma

Source : Google earth 2018



Coupe longitudinale

Coupe transversale

Figure 103 coupe topographique sur le terrain

Source : Google earth 2018

IV.3.point de repéré

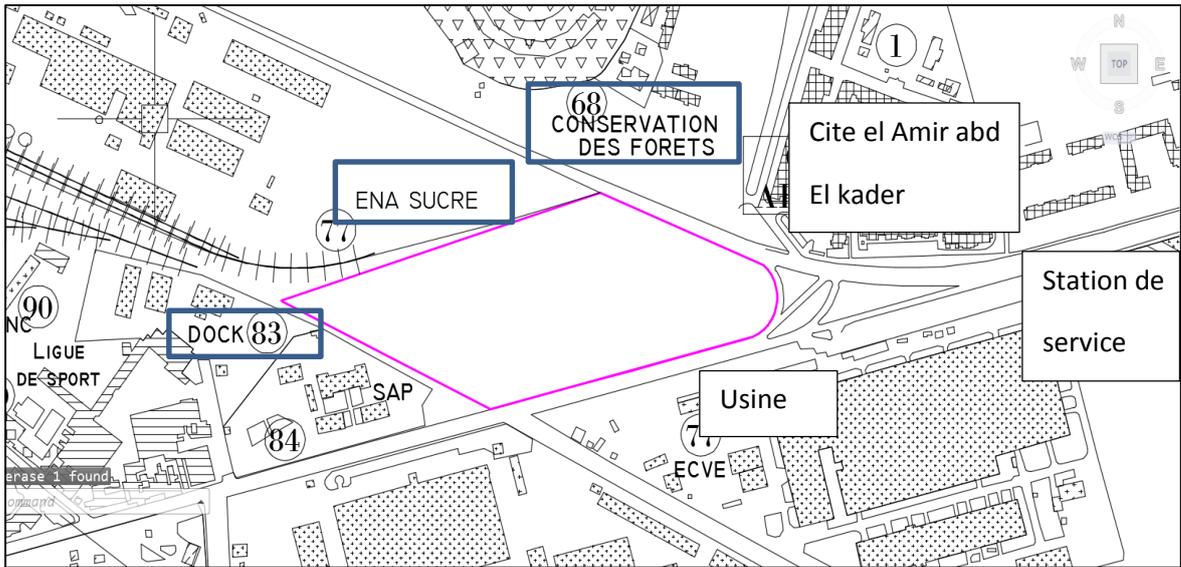


Figure 104 point de repère

IV.4. La genèse de la forme : mon projet c'est un centre d'affaire

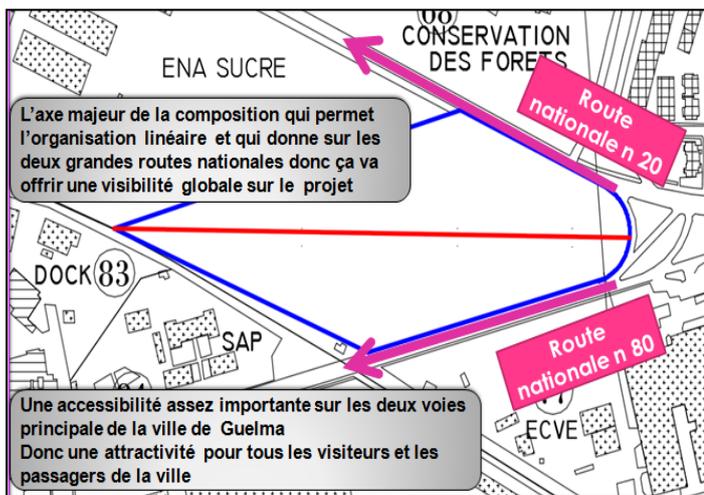


Figure 105 la phase 01 de la composition géométrique, l'axe principale
Et l'accessibilité du site (Source : auteur)

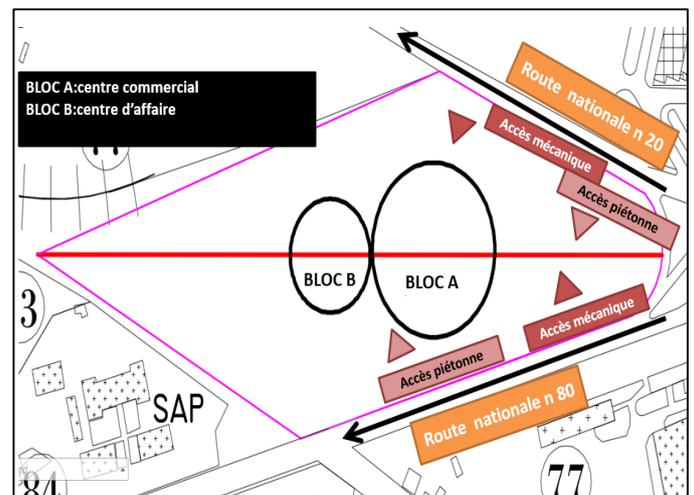


Figure 106 la phase 02 de la forme du projet dans le site
(Source : auteur)

Dans la première phase j'ai choisi l'axe majeur de la composition géométrique sur lequel j'ai implanté le projet. L'importance de cet axe se détermine dans sa position qui donne sur la route nationale n°80 et la route nationale n°20 ce qui va permettre d'avoir une bonne accessibilité ainsi qu'une attractivité assez importante pour le projet.

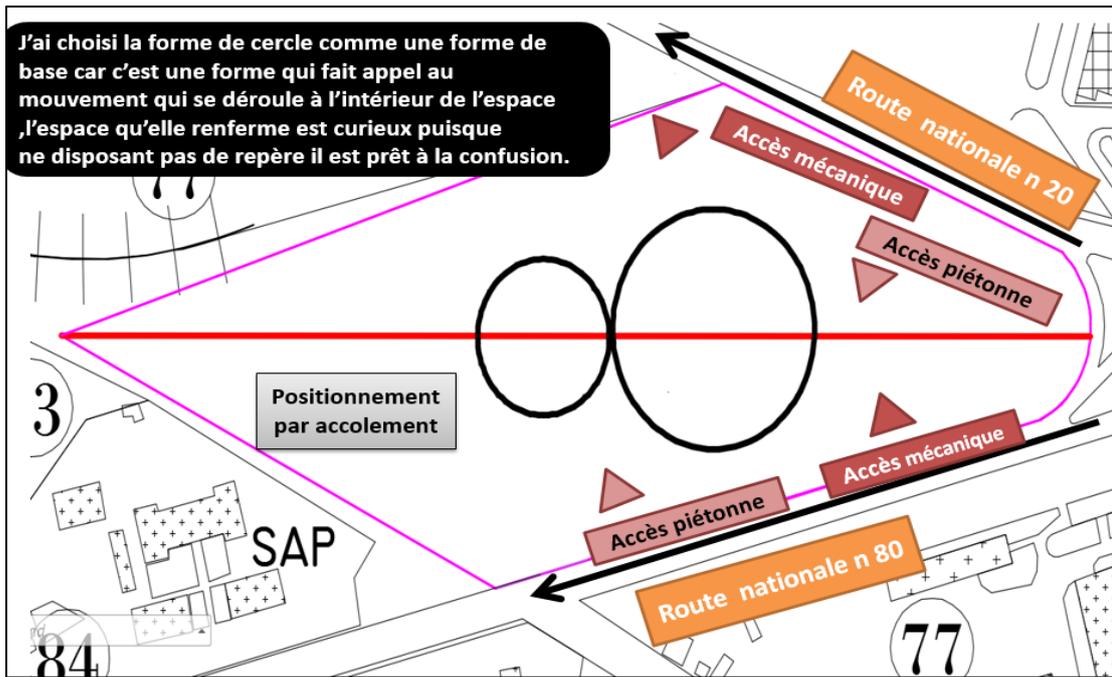


Figure 107 : la phase 03 qui montre la forme que j'ai choisi pour mon projet (source : auteur)

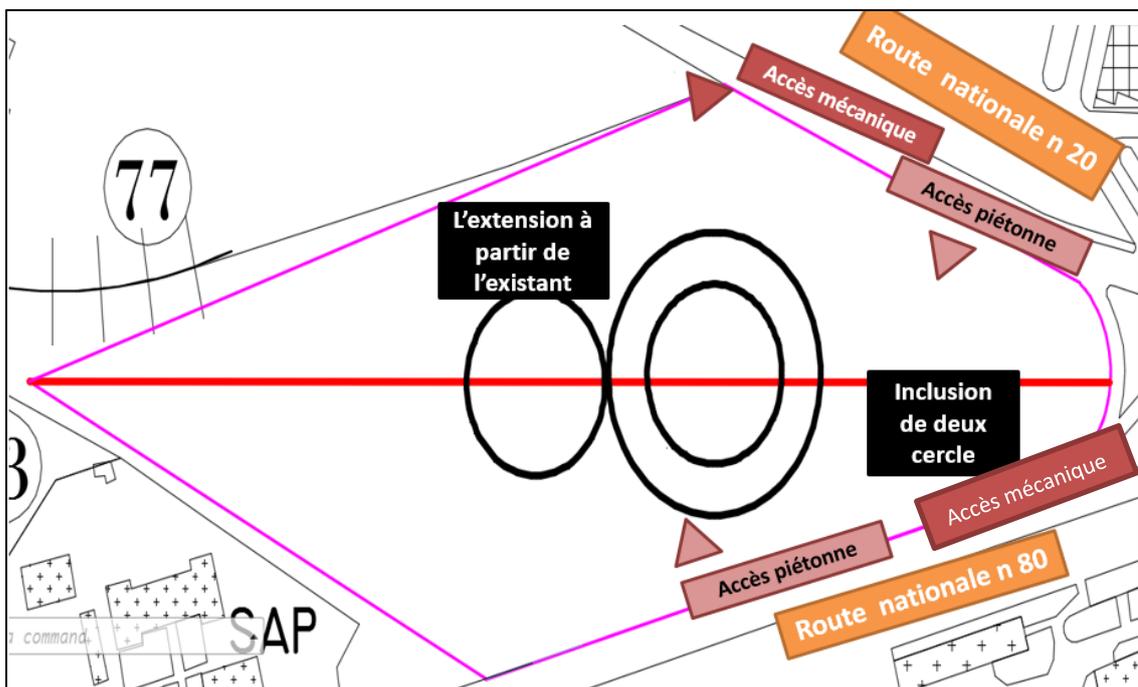


Figure 108 : la phase 04 qui montre les différents changements introduits sur la forme de base

J'ai positionné de forme de cercle la première et la plus grande présente le centre commercial et l'espace le plus fréquenté et la deuxième c'est le centre d'affaire

La conception s'est axée sur la volonté de créer un environnement feutré, avec des vues orientées sur un jardin et une esplanade bien traité. Ce dernier, offre alors un prolongement de vue plus conséquent.

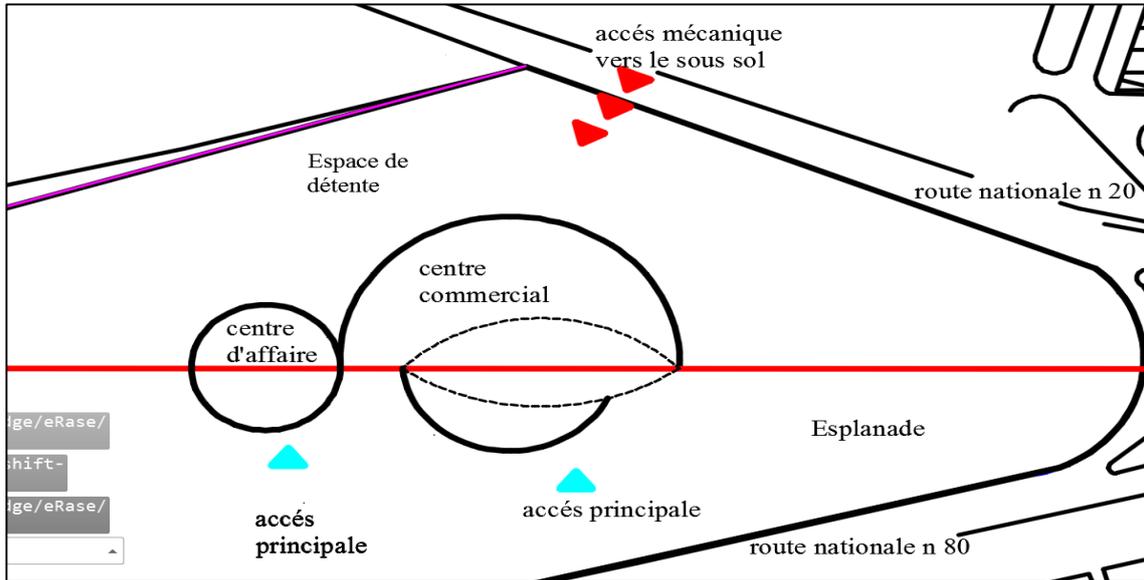


Figure 109 la phase 05 montre la forme finale de mon centre d'affaire.

IV.5. Schéma de principe :

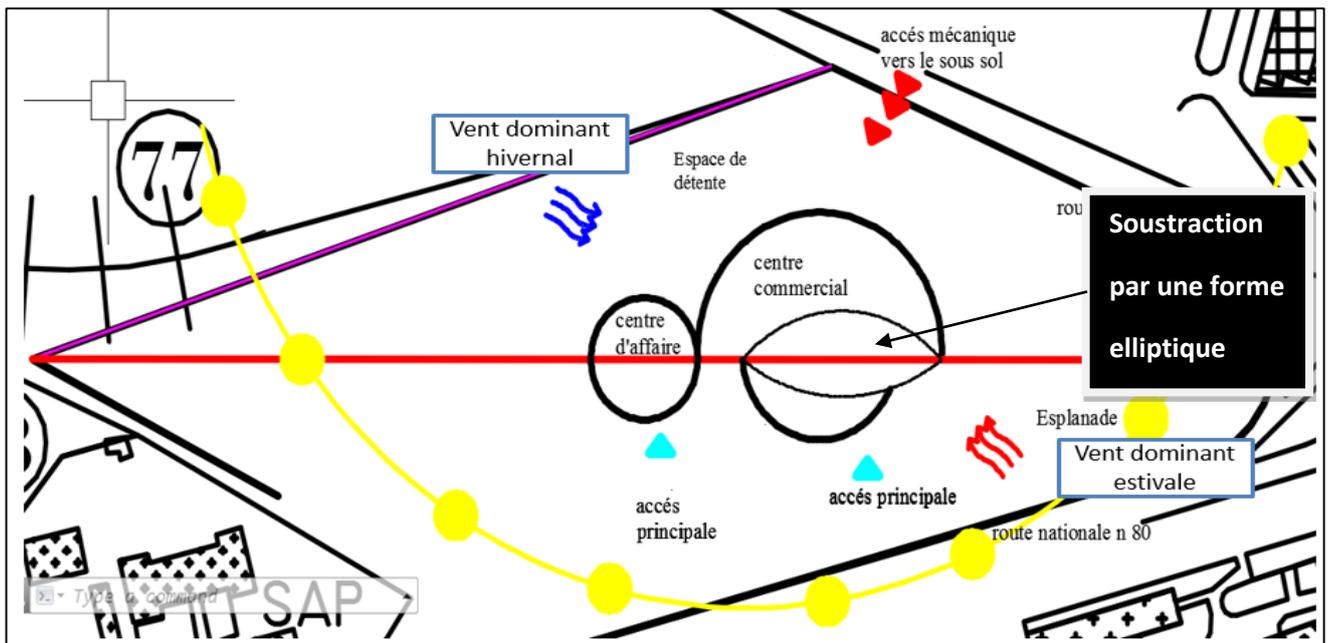


Figure 110 schéma de principe qui montre tous les détails d'implantations du projet ainsi que les vents dominants et le trajectoire d'ensoleillement

Le projet a la charge de connecter les entreprises au monde extérieur comme un lieu simple d'échange et de renvoi.

Sa forme simple d'anneau entourant un «Hub central» symbolise la rencontre des informations, des idées, ainsi que le rayonnement international.

Le bâtiment reflète les activités de ce centre d'affaire et fait le lien avec l'extérieur

La volonté de communiquer à l'extérieur avec le dynamisme du centre est de garantir aux activités dispensées à l'intérieur une qualité d'éclairage maximale a justifié le choix d'une façade continue en verre associée à un système d'isolation en double peau en béton fibré à ultra-hautes performances.

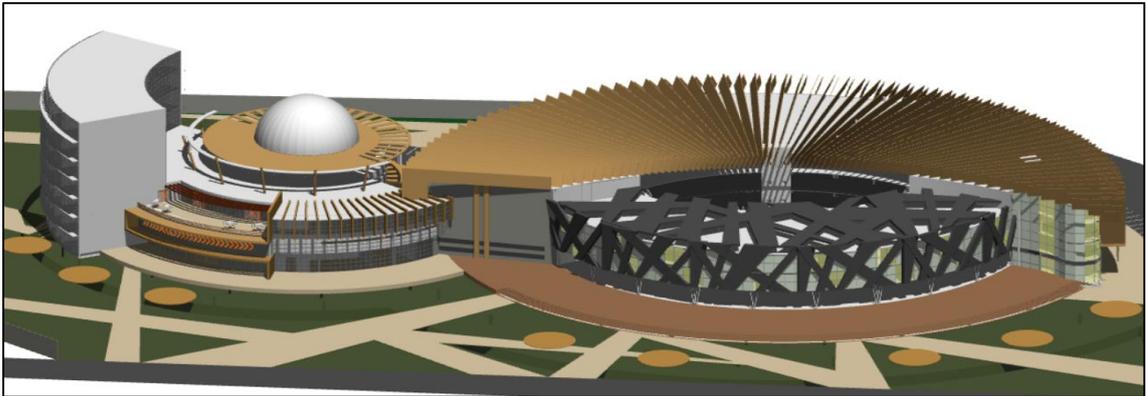


Figure 111 le projet en 3D, la façade principale

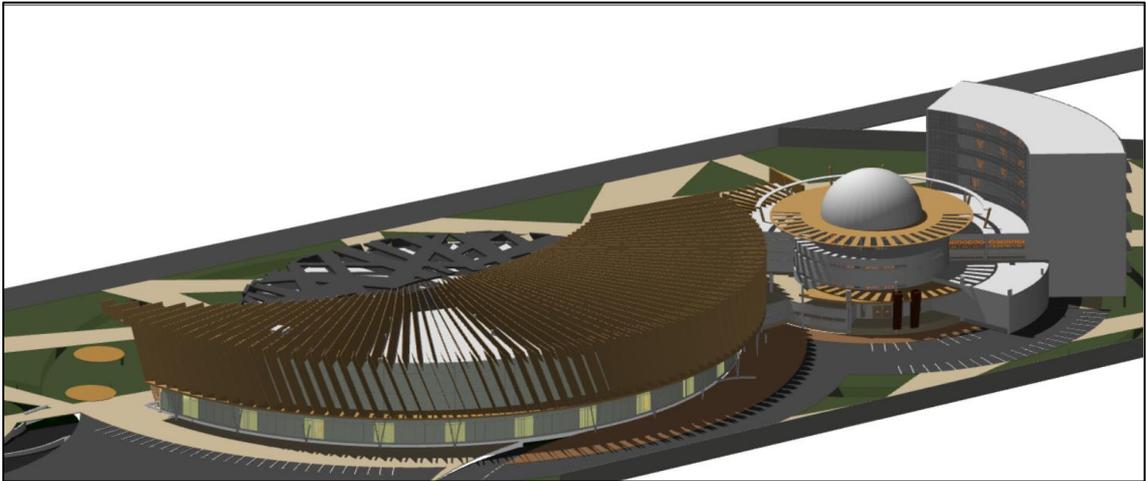


Figure 112 le projet en 3D, la façade postérieure.

Afin de garantir un lieu plus confortable et après les différentes solutions que j'avais retenu des analyses précédentes, j'ai utilisé un système d'ombrage isolant en double peau ainsi que le double vitrage au niveau des ouvertures et au niveau du Dôme.

La façade à double peau est apparentée à l'Isolation thermique par l'extérieur. Elle se présente comme une solution écologique innovante qui réagit à l'environnement extérieur de manière active.

Elles se présentent généralement sous forme de lame brise-soleil ou de maille, en aluminium, en acier ou en béton. La vocation première de cette façade est de diminuer l'apport solaire direct, de manière à éviter les surchauffes estivales. C'est donc une enveloppe qui vient entourer le bâtiment, totalement ou partiellement. Cette technique est souvent appliquée dans les bâtiments tertiaires, afin de réconcilier esthétisme et confort thermique. Là encore, la lame d'air présente entre l'écran et le bâtiment joue le rôle d'espace tampon, et permet une ventilation naturelle.

J'ai opté pour une structure en béton préfabriqué parce que grâce à la préfabrication nous bénéficions de :

Moins de matières premières

Moins d'énergie

Recyclage des déchets de production

Possibilité d'utiliser des banques de données pour l'analyse du cycle de vie

Performance structurelle

Grandes portées

Colonnes élancées

Sections de béton réduites

Grands espaces intérieurs ouverts.

Possibilité d'adapter les bâtiments aux nouveaux besoins des utilisateurs

Architecture souple

Flexibilité à l'usage

Résistance élevée au feu

Donc c'est une Méthode de construction écologique

J'ai pris en considération tous les cibles du développement durable pour avoir un bâtiment tertiaire plus performant et moins impactant sur l'environnement.

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.

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.energieplus.com>

-L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, www.ademe.fr

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

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, 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