

République Algérienne Démocratique Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

MÉMOIRE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER

Filière : **Architecture**

Spécialité : **Architecture**

Présenté par :
CHAABNA Amira Djihad

**Optimisation du confort visuel et thermique dans les équipements
touristiques**

Projet :

Hôtel touristique à l'entrée Est de Guelma

Sous la direction de :
Dr. CHERAITIA Mohamed

Année Universitaire : 2024/2025

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à :

À ma chère Mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je tiens à honorer la femme que vous êtes.

Grâce à vos conseils, indications, votre amour, encouragement, tendresse, Grâce à vous, que je suis là. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Je vous remercie de croire en moi plus que je ne croyais en moi-même, votre présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Quisse Dieu, le très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

...

À mon cher père

Qui n'est jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

Grâce à vous j'ai appris le sens du travail et du courage. Que dieu vous protéger.

...

À mes chers frères et ma seule sœur

À tous les moments d'enfance partagés avec vous, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour le soutien, le réconfort et les encouragements que vous m'avez apportés. Vous avez toujours été là pour moi.

Que nos liens fraternels se renforcent et perdurent encore davantage.

...

À mes chères sœurs et copines

A mes chères copines Nihed et Warda, merci d'être toujours à mes côtés avec tes encouragements, ton soutien et ton influence positive sur moi, qui avec toi, je savais ce qui est le bonheur d'avoir des sœurs sur laquelle je peux compter.

...

À tous ceux qui m'aiment.

Remerciements

Après avoir rendu grâce à Dieu le tout-puissant et le bienveillant, qui a éclairé mon chemin, m'a aidé et m'a béni avec la santé, la force et de la volonté pour terminer ce travail.

*Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à **Dr. CHERAITIA Mohamed** pour avoir accepté de m'encadrer dans le cadre de mon projet de fin d'études. Je le remercie sincèrement pour son engagement, son accompagnement précieux et ses encouragements constants tout au long de ce travail. Ce fut pour moi un véritable honneur d'être guidé par lui. Je lui souhaite encore plus de succès dans sa carrière, et il demeurera toujours pour moi une source d'inspiration.*

*Je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à **Mme GUERGOUR Hanene**, mon honorable enseignante, pour son soutien précieux, le temps qu'elle m'a consacré, ainsi que sa disponibilité constante pour m'accompagner et m'aider*

*J'exprime vivement ma gratitude au **Président et Membres de jury** pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'examiner ce travail.*

Mes gratitudes à tous mes enseignants et du personnel du département d'Architecture - Guelma- chacun en son nom.

*Grand merci du cœur à **mes parents et mes frères et ma sœur Meriem et mes copine Nihed et Warda** pour tout ce qu'ils m'ont donné ; qui sont toujours là pour moi, les mots ne suffiront pas pour décrire l'amour que je vous porte, que dieu vous protège pour moi.*

Enfin, je remercie toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin, pour élaborer ce travail.

CHAABNA Amira Djihad...

Résumé

Ce mémoire présente une nouvelle démarche conceptuelle à l'échelle urbaine et architecturale, à travers l'intégration des principes fondamentaux du confort dans les complexes touristiques, en mettant particulièrement en lumière l'importance de la lumière naturelle, du confort visuel et du confort thermique. Le confort visuel est étudié à travers les éléments physiques et architecturaux qui influencent la perception de la lumière et le bien-être des usagers. Cette analyse prend en compte la manière dont la lumière naturelle interagit avec les volumes, les surfaces, les matériaux et les ouvertures, afin de créer des ambiances agréables et adaptées aux différentes fonctions des espaces touristiques. L'étude aborde également les conditions nécessaires au confort thermique, en mettant en relation les facteurs humains, environnementaux et architecturaux. Elle examine l'impact du climat, de l'orientation, des matériaux et des choix de conception sur la température ressentie, et insiste sur la nécessité d'offrir des espaces intérieurs confortables tout en maîtrisant les consommations énergétiques. Elle souligne, par ailleurs, le rôle essentiel de la conception bioclimatique dans l'adaptation des bâtiments et des espaces extérieurs aux conditions locales. Cette approche permet d'exploiter au mieux les ressources naturelles telles que la lumière solaire, la ventilation ou l'inertie thermique, afin d'optimiser à la fois le confort des usagers et la performance énergétique des complexes touristiques. L'ensemble de cette recherche met ainsi en évidence l'interdépendance étroite entre lumière, climat et architecture, démontrant que ces trois éléments doivent être pensés de manière cohérente pour créer des espaces à la fois agréables, performants et durables. Pour vérifier la faisabilité de cette proposition, nous nous sommes appuyés sur la simulation numérique, conditionnée par des données climatiques précises, appliquées à la fois à l'espace urbain et au bâtiment à usage touristique. Cette méthode constitue un outil méthodologique précieux, permettant d'évaluer et de corriger le projet tant à l'échelle urbaine qu'à l'échelle architecturale, afin d'assurer la qualité environnementale et le confort des futurs usagers.

Mots clés

Lumière naturelle, Confort visuel, Confort thermique, Architecture écologique, Eblouissement, Complexe touristique, Confort thermique

Abstract

This thesis presents a new conceptual approach at both urban and architectural scales, by integrating the fundamental principles of comfort within tourist complexes, with a particular emphasis on the importance of natural light, visual comfort, and thermal comfort. Visual comfort is examined through the physical and architectural elements that influence the perception of light and the well-being of users. The analysis considers how natural light interacts with volumes, surfaces, materials, and openings, in order to create pleasant atmospheres suited to the various functions of tourist spaces. The study also addresses the essential conditions for achieving thermal comfort, linking human, environmental, and architectural factors. It investigates the impact of climate, orientation, materials, and design choices on perceived temperatures, emphasizing the need to provide comfortable indoor spaces while maintaining controlled energy consumption. Furthermore, it highlights the essential role of bioclimatic design in adapting buildings and outdoor spaces to local conditions. This approach makes it possible to optimize natural resources such as sunlight, natural ventilation, and thermal mass, to enhance both user comfort and the energy performance of tourist complexes. Overall, this research demonstrates the close interdependence between light, climate, and architecture, showing that these three elements must be considered together to create spaces that are simultaneously pleasant, efficient, and sustainable. To verify the feasibility of this proposal, we relied on digital simulations based on precise climatic data, applied both at the urban scale and to tourist-use buildings. This methodology constitutes a valuable tool for evaluating and refining the project at both urban and architectural levels, ensuring environmental quality and the comfort of future users

Keywords :

Natural light, Visual comfort, Ecological architecture, Glare, Tourist complex, Thermal comfort

المخلص

يعرض هذا البحث مقارنة مفاهيمية جديدة على المستوى الحضري والمعماري، من خلال دمج المبادئ الأساسية للراحة في المجمعات السياحية، مع التركيز بشكل خاص على أهمية الضوء الطبيعي والراحة البصرية والراحة الحرارية. تتم دراسة الراحة البصرية من خلال العناصر الفيزيائية والمعمارية التي تؤثر على إدراك الضوء ورفاهية المستخدمين. تأخذ هذه الدراسة في الاعتبار كيفية تفاعل الضوء الطبيعي مع الأحجام والأسطح والمواد والفتحات، بهدف خلق أجواء مريحة ومناسبة للوظائف المختلفة للمساحات السياحية. كما يتناول البحث الظروف الضرورية لتحقيق الراحة الحرارية، من خلال الربط بين العوامل البشرية والبيئية والمعمارية. حيث يُدرس تأثير المناخ، والاتجاهات، والمواد، وخيارات التصميم على درجات الحرارة المحسوسة، مع التأكيد على ضرورة توفير مساحات داخلية مريحة مع التحكم في استهلاك الطاقة. ويبرز البحث كذلك الدور الجوهري للتصميم المناخي (التصميم البيو كليمي) في تكيف المباني والمساحات الخارجية مع الظروف المحلية. إذ تتيح هذه المقاربة استغلال الموارد الطبيعية على أفضل وجه، مثل ضوء الشمس، والتهوية الطبيعية، والكتلة الحرارية، بهدف تحسين راحة المستخدمين وكفاءة المجمعات السياحية من الناحية الطاقية. وتُظهر هذه الدراسة الترابط الوثيق بين الضوء والمناخ والعمارة، مُبيّنة أن هذه العناصر الثلاثة يجب التفكير فيها بشكل متكامل لإنشاء فضاءات مريحة وفعالة ومستدامة في آن واحد. وللتحقق من جدوى هذه المقترحات، اعتمدنا على المحاكاة الرقمية المستندة إلى بيانات مناخية دقيقة، تم تطبيقها على المستوى الحضري وعلى مباني الاستخدام السياحي. وتُعد هذه المنهجية أداة أساسية لتقييم المشروع وتصحيحه سواء على المستوى الحضري أو المعماري، بما يضمن تحقيق الجودة البيئية وراحة المستخدمين المستقبليين.

الكلمات المفتاحية:

الإضاءة الطبيعية، الراحة البصرية، العمارة البيئية، الوهج، المجمع السياحي، الراحة الحرارية

Table des matières

<i>Dédicace</i>	i
<i>Remerciements</i>	ii
Résumé.....	iii
Abstract	iv
المخلص	v
Table des matières.....	vi
Liste des figures	xi
Liste des tableaux	xiv
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Problématique.....	2
Hypothèses	3
Les objectifs de recherche	3
Mots clés	4
Méthodologie de recherche	4
Structure de mémoire	4
CHAPITRE I : Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités	
Introduction.....	6
I.1. L'éclairage naturel	7
I.1.1. Source de l'éclairage naturel	9
<i>I.1.1.1 Le rayonnement électromagnétique</i>	9
<i>I.1.1.2 Le soleil source principale</i>	10
<i>I.1.1.3 Le ciel source secondaire</i>	11
I.1.2. Type du ciel.....	11
I.1.3. Les caractéristiques physiques de la lumière naturelle.....	12
<i>I.1.3.1 Le flux lumineux</i>	12
<i>I.1.3.2 L'intensité lumineuse</i>	13
<i>I.1.3.3 L'éclairement</i>	13
<i>I.1.3.4 La luminance</i>	13
I.1.4 La propagation de la lumière naturelle	14
<i>I.1.4.1 L'absorption</i>	14
<i>I.1.4.2 La réflexion</i>	14
<i>I.1.4.3 La transmission</i>	15
I.1.5. Le facteur de lumière du jour (FLJ)	15
I.1.6. Stratégie de la lumière naturelle	16

1.1.6.1	<i>Capter</i>	16
1.1.6.2	<i>Transmettre</i>	17
1.1.6.3	<i>Distribuer</i>	17
1.1.6.4	<i>Se protéger</i>	17
1.1.6.5	<i>Contrôler</i>	18
I.2.	Le confort thermique	18
I.2.1	Les facteurs de confort thermique	18
1.2.1.1	<i>Facteurs en relation à l'individu</i>	18
1.2.1.2	<i>Facteurs en relation à l'environnement</i>	19
1.2.1.3	<i>Facteurs en relation aux gains thermiques</i>	20
I.2.2	Le confort thermique et l'environnement climatique d'un bâtiment	20
1.2.2.1	<i>L'orientation</i>	20
1.2.2.2	<i>La ventilation naturelle</i>	21
1.2.2.3	<i>L'implantation</i>	21
1.2.2.4	<i>La forme de bâtiment</i>	21
I.2.3	Conclusion	22
I.3.	Le confort visuel	22
I.3.1	Définition	22
I.3.2.	Les paramètres physiques du confort visuel	23
1.3.2.1.	<i>L'éclairément</i>	23
1.3.2.2.	<i>La luminance</i>	23
1.3.2.3.	<i>Le contraste</i>	24
1.3.2.4	<i>L'éblouissement</i>	24
1.3.2.5	<i>: le spectre lumineux</i>	26
I.3.3	Le confort visuel en architecture	26
I.3.4.	Les paramètres qui influent sur le confort visuel	27
1.3.4.1.	<i>Les couleurs</i>	27
1.3.4.2.	<i>Les matériaux</i>	28
1.3.4.3.	<i>La forme de la pièce</i>	28
1.3.4.4.	<i>L'orientation des espaces</i>	28
1.3.4.5.	<i>Les ouvertures</i>	28
I.4.	Conclusion	29

CHAPITRE II : Complexes touristiques, analyse des exemples

II.1.	Introduction	32
II.2.	Aperçu sur les complexes touristiques dans le monde	32
II.3.	Les complexes touristiques en Algérie	32
II.4.	Guelma, ville de tourisme curatif par excellence	33

II.5. Les complexes touristiques à Guelma	33
II.6. Guelma, un potentiel naturel à valoriser.....	33
II.7. L'entrée Est de Guelma, une image à valoriser.....	34
II.8. Analyse des exemples.....	34
II.8.1. Exemple 01 : Complexe touristique Monterey Bay Shores – California.....	34
II.8.1.1. Présentation du projet.....	34
II.8.1.2. Situation	34
II.8.1.3. Plan de masse / Environnement immédiat :	35
II.8.1.4. Accessibilité	35
II.8.1.5. Eléments de conception.....	35
II.8.1.6. Aspect écologique.....	37
II.8.1.7. Eléments de fonctionnement.....	37
II.8.1.8. Programme.....	38
II.8.1.9. Synthèse.....	38
II.8.2. Exemple 02 : complexe touristique les andalouses - Oran	38
II.8.2.1. Présentation du projet.....	38
II.8.2.2. Situation	39
II.8.2.3. Plan de masse / Environnement immédiat	39
II.8.2.4. Accessibilité	39
II.8.2.5. Eléments de conception.....	40
II.8.2.6. Eléments de fonctionnement.....	41
II.8.2.7. Programme.....	41
II.8.2.8. Synthèse.....	41
II.8.3. Exemple 03 : Le village touristique “phare de plage” à l'Australie :.....	42
II.8.3.1. Situation	42
II.8.3.2. Plan de masse.....	42
II.8.3.3. Environnement immédiat	42
II.8.3.4. Accessibilité	43
II.8.3.5. Principe d'implantation	43
II.8.3.6. Etude du bungalow.....	43
II.8.3.7. Eléments de fonctionnement.....	44
II.8.3.8 Programme.....	44
II.8.3.9. Synthèse.....	44
II.8.4. Synthèse globale	45
II.8.5. Programme proposé.....	45

Chapitre III : Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architectural

III.1 Introduction	47
III.2 L'évaluation de l'éclairage naturel	47
III.3 Les objectifs	47
III.4 Programmation	47
III.5 Les techniques d'évaluation	48
III.6 La simulation à l'échelle urbaine et architecturale :	49
III.6.1 Définition de la simulation	50
III.6.2 Objectifs de la simulation	50
III.7 Les méthodes de simulation	51
III.8 Méthode de simulation du confort thermique :	51
a. Simulation dynamique thermique (SDT)	51
b. Simulation microclimatique urbaine	52
III.8.1 Intégration de l'approche paramétrique pour améliorer le confort intérieur	52
III.8.2 Simulation du Confort Visuel et Thermique via le Design Paramétrique.	52
III.8.3 Climat, données et analyse	53
III.8.4 Accès solaire et ombrages	53
III.8.5 Éclairage naturel / artificiel	53
III.9 Méthode de la simulation	54
III.10 La simulation de l'éclairage naturel	55
III.11 ENVI-met : Critères de choix	55
III.11.1 Les caractéristiques du logiciel	55
III.11.2 Les fonctions principales	56
III.11.3 Simulation en ENVI-met:	57
Application	57
Conclusion.....	64

CHAPITRE IV : Aire d'intervention et démarche conceptuelle

IV. Analyse de l'aire d'étude	66
IV.1 Données géographiques	66
IV.1.1 Présentation de la ville de Guelma	66
IV.2 Données climatiques	66
IV.2.1 Le climat de la ville de Guelma.....	66
IV.2.2 Température.....	67
IV.2.3 Précipitations	68
IV.2.4 Insolation	68
IV.2.5 Diagramme solaire de Guelma	69

IV.2.6	Température de sol	70
IV.2.7	Vitesse et direction de vents	70
IV.3	Délimitation de l'aire d'études.....	72
IV.3.1	Motivation du choix de terrain	72
IV.3.2	Délimitation de l'aire d'études	72
IV.3.3	Environnement immédiat et accessibilité (Plan de masse).....	73
IV.3.4	Topographie et morphologie	73
IV.4	Synthèse	74
IV.5	Analyse écologique	74
IV.5.1	Synthèse.....	76
IV.6	Genèse et démarche du projet	76
IV.7	Schémas de principe.....	77
IV.8	Modélisation.....	78
IV.8.1	Choix de l'emplacement	78
IV.8.2	Téléchargement d'un fichier Epw (fichier météo).....	78
IV.8.3	Création d'un modèle de lumière naturelle à partir d'un modèle 3D généré.....	79
IV.8.4	Choix des paramètres.....	80
IV.8.5	Ensoleillement annuel.....	81
IV.8.6	Saturation annuel de la lumière du jour.....	82
IV.8.7	Éclairage utile en lumière du jour.....	83
IV.8.8	Autonomie annuelle à la lumière du jour	83
IV.8.9	Exposition annuel au soleil.....	83
IV.8.10	Synthèse.....	84
	Conclusion générale.....	85
	Bibliographie	86
	Articles.....	86
	Webographie.....	89

Liste des figures

Figure I. 1 Les ondes électromagnétiques du soleil	6
Figure I. 2 Illustration de la pénétration de la lumière du jour à travers un modèle réduit.....	9
Figure I. 3 Classification des rayonnements électromagnétiques	9
Figure I. 4 Le spectre solaire	10
Figure I. 5 Type du ciel	11
Figure I. 6 Les grandeurs photométriques.....	12
Figure I. 7 Le niveau d'éclairement de référence est adapté à l'activité prévue.....	13
Figure I. 8 Confort, luminance acceptable et position de la source	14
Figure I. 9 Les différents modes de réflexion	14
Figure I. 10 Les différents modes de transmission.....	15
Figure I. 11 Les composants du facteur de lumière du jour	15
Figure I. 12 stratégies de la lumière naturelle	16
Figure I. 13 l'influence de la température des parois sur la température et le confort intérieur	19
Figure I. 14 Relation entre l'humidité et la température	20
Figure I. 15 La ventilation naturelle.....	21
Figure I. 16 Rapport entre la performance visuelle, le contraste et l'éclairement.....	24
Figure I. 17 Cas d'éblouissement.....	25
Figure I. 18 Pièce avec couleur chaude couleur froide	27
Figure I. 19 Ouvertures latérales et zénithales	29
Figure II.1 Monterey Bay Shores Eco Resort	34
Figure II.2 situation de Monterey Bay	34
Figure II.3 plan de masse de Monterey Bay.....	35
Figure II.4 circulation mécanique et piétonne.....	35
Figure II.5 accessibilité de projet.....	35
Figure II.6 principe d'implantation du projet.....	36
Figure II.7 forme du projet	36
Figure II.8 Façade du projet.....	36
Figure II.9 Organigramme spatiale et fonctionnel du complexe Monterey Bay.....	37
Figure II.10 plan de Monterey Bay	37
Figure II.11 complexe touristique les andalouses	38
Figure II.12 Situation des andalouses	39
Figure II.13 Plan de masse du complexe les andalouses.....	39
Figure II.14 accessibilité du complexe.....	39
Figure II. 15 Principe de découpage.....	40
Figure II.16 Principe d'implantation	40
Figure II.17 Organigramme spatiale et fonctionnel du complexe les andalouses.....	39
Figure II.18 Le village touristique phare de plage	42
Figure II.19 Plan de masse du village touristique	42
Figure II.20 Environnement immédiat	42
Figure II.21 Accessibilité du complexe.....	43
Figure II.22 Principe d'implantation du complexe	43

Figure II.23 Types des bungalows du village touristique	43
Figure II.24 Organigramme spatiale et fonctionnel du village touristique	44
Figure III.1 Flux de travail général de modélisation et de simulation via ENVI-met.....	57
Figure III.2 les fonctions du logiciels ENVIMET.....	56
Figure III.3 La localisation du terrain	57
Figure III.4 les paramètres du modèle.....	58
Figure III.5 les paramètres des matériaux	58
Figure III.6 Plan de masse du complexe touristique d'un modèle AutoCAD 2D.....	59
Figure III.7 la figure (.bmp) comme entrée pour ENVI-met	60
Figure III.8 Etape 6 de simulation vue devant et derrière	60
Figure III.9 Etape 6 de simulation.....	61
Figure III.10 Etape 6 de simulation vue de dessus	61
Figure III.11 la figure (INX) en tant que sortie pour l'outil de guide ENVI-met.....	62
Figure III.12 les paramètres généraux du fichier météo.....	62
Figure III.13 le schéma météorologique	63
Figure III.14 le schéma météorologique sous forme de fichier (SIMX).....	63
Figure IV.1 Situation de la ville de Guelma au niveau national	66
Figure IV.2 Situation de la ville de Guelma au niveau régional	66
Figure IV.3 La classification du climat de la ville de Guelma.....	67
Figure IV.4 Graphe des variations des températures mensuelles et annuelles de Guelma	67
Figure IV.5 Graphe de variations des précipitations mensuelles.	68
Figure IV.6 Variation de durée	68
Figure IV.7 Diagramme solaire de Guelma période Hiver/Printemps.....	69
Figure IV.8 Diagramme solaire de Guelma période été/automne.....	69
Figure IV.9 Graphe de variations mensuelles de la température du sol.».....	70
Figure IV.10 Graphe de variation de vitesse des vents mensuelle.....	71
Figure IV.11 La rose du vent dans les 4 saisons de la wilaya de Guelma	71
Figure IV.12 Situation de l'aire d'étude.....	72
Figure IV.13 Environnement immédiat et accessibilité	73
Figure IV.14 Coupe transversale de terrain	
Figure IV.15 Coupe longitudinale de terrain	74
Figure IV.16 Analyse écologique du patrimoine bâti et naturel	74
Figure IV.17 Analyse écologique de l'espace.....	75
Figure IV.18 Analyse écologique de terrain du paysage	75
Figure IV.19 Genèse de projet	76
Figure IV.20 Schéma de principe de projet.....	77
Figure IV.21 Localisation de terrain	78
Figure IV.22 Radiation solaire horaire.....	78
Figure IV.23 Analyse de l'exposition solaire annuelle	78
Figure IV.24 Jour le moins ensoleillé	79
Figure IV.25 Jour le plus ensoleillé	79
Figure IV.26 Lumière du jour dynamique	79
Figure IV.27 Création d'un modèle de lumière naturel 3D	80
Figure IV.28 Choix des paramètres du modèle	80
Figure IV.29 Ensoleillement annuel.....	81
Figure IV.30 Autonomie à la lumière du jour	81

Figure IV.31 exposition annuelle au soleil.....	81
Figure IV.32 Ensoleillement annuel.....	82
Figure IV.33 Saturation annuel de la lumière du jour.....	82
Figure IV.34 Éclairage utile en lumière du jour.....	83
Figure IV.35 Autonomie annuelle à la lumière du jour	83
Figure IV.36 Exposition annuel au soleil.....	83

Liste des tableaux

Tableau I.1 Valeurs de références de la température de l'air.....	13
Tableau II.1 Programme du Monterey Bey(Arch Daily)	38
Tableau II. 2 Programme du complexe touristique les andalouses	41
Tableau II. 3 Programme de village touristique	44
Tableau II. 4 Tableau du programme proposé (Auteur,2025).....	45

INTRODUCTION GENERALE

Par nature, l'homme doit communiquer avec son environnement extérieur qui se forme par plusieurs composants qu'il ne peut percevoir sans la présence de la lumière.

La lumière naturelle est l'un des concepts de base de l'architecture, car elle est une source d'inspiration et tendances architecturales. Le confort visuel est une impression subjective liée à la distribution et à la qualité de la lumière. (Atef Ahriz 2017)

Pour assurer le confort visuel il faut respecter les six critères suivants : éclairage suffisant, absence d'éblouissement, éclairage uniforme, absence de réflexion, absence d'ombre et rendu des couleurs suffisants. Afin d'atteindre ces six conditions il est toujours recommandé de bien utiliser l'éclairage naturel par ce que c'est le plus adapté à la physiologie humaine. Il augmente la vigilance, donne l'énergie et régularise le sommeil. L'éclairage naturel a un effet positif sur le taux de fréquentation et les rendements scolaires et même sur la croissance et l'économie d'énergie utilisée pour l'éclairage artificiel et la climatisation (U.S. Electricité Génération article 2009) puisque l'éclairage naturel apporte relativement beaucoup d'énergie sous forme de lumière et peu sous forme de chaleur. (Boulgamh 2020). Ainsi, l'éclairage naturel présente plusieurs avantages du côté de la santé et du coté environnemental et économique, on peut le considérer comme la base de la vie après l'eau bien sûr, grâce à lui on peut percevoir et voir tout ce qui nous entoure. Les besoins en lumière naturelle varient d'un projet à l'autre, à titre d'exemple dans un équipement commercial la qualité et la quantité de l'éclairage naturel n'est pas la même que dans les hôtels cela à cause des différentes fonctions programmées. L'éclairage naturel et l'éclairage artificiel se distinguent par plusieurs paramètres essentiels. L'éclairage naturel, issu de la lumière du jour, varie en intensité selon l'heure, la saison et les conditions météorologiques, offrant un spectre lumineux équilibré qui restitue fidèlement les couleurs et améliore le confort visuel. La distribution de cette lumière dépend fortement de l'orientation des ouvertures, de leur dimension et de l'aménagement des espaces. De plus, il favorise l'efficacité énergétique en réduisant les besoins en éclairage artificiel et, dans certains cas, en contribuant au contrôle thermique passif. Cependant, son intensité et sa répartition ne sont pas toujours constantes, ce qui nécessite des dispositifs de contrôle pour éviter l'éblouissement et la surchauffe. En revanche, l'éclairage artificiel se caractérise par sa flexibilité et son uniformité. Il permet un contrôle précis de l'intensité, de la direction et de la température de couleur, pouvant ainsi simuler diverses ambiances lumineuses. Les avancées technologiques, notamment avec les LED, offrent une haute efficacité énergétique, une faible

consommation et une longue durée de vie, tout en garantissant un bon rendu des couleurs grâce à un indice IRC élevé. Néanmoins, l'éclairage artificiel ne parvient pas toujours à reproduire les bienfaits psychologiques et physiologiques liés aux variations dynamiques de la lumière naturelle. Ainsi, une combinaison réfléchie des deux types d'éclairage permettrait de tirer parti des avantages de chacun.

Le confort thermique dans les hôtels est un facteur essentiel pour garantir une expérience agréable aux clients, influençant directement leur satisfaction et leur fidélité. Dans ces espaces, le confort thermique dépend de la conception des chambres, des espaces communs, et des systèmes de gestion climatique. L'objectif est de maintenir un environnement intérieur stable et agréable, quelles que soient les conditions climatiques extérieures, tout en optimisant l'efficacité énergétique. Pour atteindre un confort thermique optimal, les hôtels modernes intègrent souvent des stratégies environnementales dans leur conception, telles que l'isolation thermique, les vitrages performants, et l'orientation des bâtiments pour maximiser les apports solaires en hiver et les limiter en été. De plus, des technologies avancées, comme les systèmes de gestion énergétique centralisés (BMS) et les thermostats intelligents, permettent de personnaliser les conditions thermiques tout en minimisant la consommation énergétique. En combinant ces approches, les hôtels peuvent non seulement améliorer le confort des clients, mais également réduire leur empreinte écologique et leurs coûts opérationnels.

L'activité touristique est indissolublement liée à l'offre touristique, qui comprend à sa part l'ensemble des services et biens proposés par le secteur touristique aux consommateurs. L'hôtellerie est depuis longtemps un pilier majeur du tourisme. Il constitue un maillon indispensable de la chaîne touristique, qu'elle soit structurée ou non. Sa fonction, comme son poids dans le secteur d'hébergement, ont toutefois fortement évolué.

Problématique

Le tourisme est devenu, de nos jours, un secteur fondamental dans le développement économique et social. L'Algérie est aujourd'hui une destination touristique vierge qui n'a pas été suffisamment exploitée. La ville de Guelma dans son parcours urbain connaît une conurbation non prise en charge avec la ville de Belkheir. Le cours naturel Oued el maiz a forgé l'image actuelle de cette conurbation. La conciliation de l'oued et de ce site naturel avec les deux agglomérations nécessite des actions d'aménagement qui permettent de dynamiser les lieux et réussir une image urbaine des deux villes.

Proposer un projet qui englobe les activités de loisir et détente, sport et hébergement, restauration, commerce, bureaux...

Ces actions permettront une amélioration de la qualité urbaine et paysagère de l'entrée de ville Est. En effet, Guelma possède un potentiel touristique qui n'a pas été suffisamment exploité. De nos jours, le tourisme durable n'est pas seulement un choix, mais aussi une opportunité saisissable.

De nombreuses études ont été consacrées pour l'écotourisme et la conception de complexes touristiques durables et peu consommateurs d'énergie. En Algérie, les études liées à l'écotourisme sont rares. Nos complexes touristiques ont besoin d'une mise à jour pour s'intégrer aux agendas du développement durable dont le pays s'insère vivement.

Le choix du thème est préconisé par l'ampleur qu'il engendre. En effet, l'activité écotouristique a un impact beaucoup plus positif et remarquable sur la société, l'économie et l'environnement comme facteur clé de la durabilité. Ainsi, les questions qui se posent sont :

Comment gérer la conurbation Guelma-Belkheir ?

Comment améliorer le confort visuel et thermique des complexes touristiques à Guelma ?

Hypothèses

Pour répondre aux questions, Notre étude propose les hypothèses suivantes :

- ✓ Nous pouvons réussir cette conurbation, par la conciliation avec l'Oued et la création de dynamiques urbaines en proposant des activités de loisirs et de détente dont la ville est en manque pour plus d'animation et de qualité urbaine et paysagère.
- ✓ Une conception durable et écologique permet d'insérer le projet architectural dans un souci environnemental. Cette conception sera appuyée par une évaluation paramétrique à l'aide de simulation énergétique et d'éclairage à l'échelle urbaine et Architecturale.

Les objectifs de recherche

- ✓ Inscrire le projet dans son environnement
- ✓ Optimiser le confort visuel et thermique
- ✓ Réduire l'empreinte énergétique
- ✓ Réduire les effets d'éblouissement par des actions passives et actives lors de la conception architecturale et de l'aménagement urbain
- ✓ Exploiter les ressources naturelles du site de manière durable
- ✓ Améliorer l'image de l'entrée Est de la ville de Guelma

Mots clés

Lumière naturelle, Confort visuel, Architecture écologique, Eblouissement, Complexe touristique, Confort thermique.

Méthodologie de recherche

Ce travail de recherche se repose d'abord sur une méthode qui consiste à une approche théorique qui vise à présenter une revue littéraire sur l'architecture écologique, la lumière naturelle dans les bâtiments et les exigences de l'éclairage naturel dans les bâtiments en général et dans les complexes touristiques comme cas d'étude.

La deuxième partie de cette démarche, sera consacrée à un état de l'art par l'analyse des exemples et des simulations d'évaluation des conditions de confort visuel et de la lumière naturelle à l'aide de logiciel ENVIMET et le Rhino.

Structure de mémoire

L'introduction générale qui synthétise le champ de l'étude, présente la formulation de la problématique et les hypothèses. Elle définit les objectifs de la recherche et décrit la méthodologie utilisée. Le mémoire est structuré en deux parties, chaque partie comporte deux chapitres :

□ **Une partie théorique** : Cette partie consiste à une présentation des différents concepts clés énoncés dans l'hypothèse. Cette étude est structurée en deux chapitres :

- Le premier chapitre, est une revue littéraire liée aux aspects généraux des concepts clés concernant notre thème de recherche, ainsi que les différentes connaissances de base sur le confort thermique et l'éclairage naturel dans le bâtiment.

- Le deuxième chapitre, est consacré aux généralités sur les complexes touristiques, étudiera les complexes touristiques existants et livresques, en analysant les points importants dans chaque projet et comment la lumière a y été intégré.

□ **Une partie analytique** : Cette partie est divisé en deux chapitres :

- Le premier chapitre, est consacré pour la partie pratique dont nous faisons une simulation d'évaluation des conditions de confort thermique et visuel et de la lumière naturelle dans complexe touristique existant

- Le deuxième chapitre, l'étude de terrain (choix de site), le programme proposé du complexe touristique et finalement l'esquisse du projet.

Chaque chapitre comporte une introduction, des définitions des concepts et des méthodes d'analyse pour arriver à une conclusion.

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

I. Introduction

L'idée de la lumière comme composante intégrale de toute vie et de toute création était déjà une évidence dès le début. La lumière du soleil est notre principale source et notre principal fournisseur de lumière, de chaleur et d'énergie, et elle entretient non seulement toute vie sur Terre, mais aussi la planète elle-même. Non seulement il fournit aux plantes l'énergie nécessaire à la photosynthèse, qui à son tour soutient toute la vie animale et humaine, mais il est également la source d'une grande partie de nos connaissances, car la plupart des apprentissages se font à travers nos yeux (Moscoso, 2016). La lumière du soleil est composée de diverses énergies qui sont transmises à la Terre sous forme d'ondes électromagnétiques. Seule une fraction de ces ondes touche réellement la surface de la Terre, et uniquement un pour cent environ du spectre électromagnétique global serait perçu par l'œil. Cette partie du spectre électromagnétique visible, qui comprend toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, du violet (la plus courte longueur d'onde) au rouge (la plus longue longueur d'onde), est la composante la plus importante du fonctionnement et de l'évolution de l'être humain. Notre vie, notre santé et notre bien-être sont véritablement dépendants du soleil. (Adel-Tawfiq, 2005).

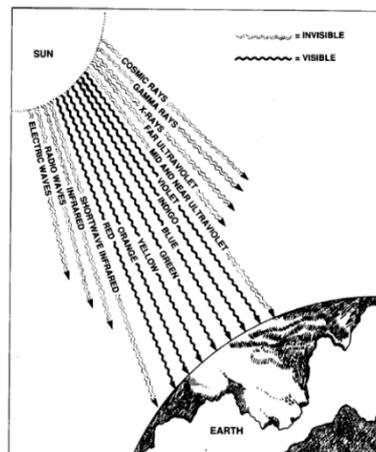


Figure I. 1 Les ondes électromagnétiques du soleil (Lieberman, 1991)

Ce chapitre explore d'abord les principes fondamentaux de l'éclairage naturel et du confort thermique, avant d'examiner leur interaction et leur rôle dans la conception des espaces habités. Enfin, il présente les outils et méthodes permettant d'évaluer et d'améliorer ces aspects dans un contexte d'efficacité énergétique et de durabilité.

I.1. L'éclairage naturel

L'éclairage est une sensation purement humaine, comme le son, le goût, l'odeur et la chaleur. Il faut quelque chose pour stimuler les sens, dans ce cas, le rayonnement électromagnétique qui tombe sur la rétine de l'œil. Par conséquent, l'éclairage peut être considéré comme une combinaison de rayonnement et de notre réponse au rayonnement. La luminosité de la lumière que nous percevons dépend de l'environnement. Si l'œil est maintenu dans une faible lumière pendant un certain temps, il devient plus sensible et apparaît plus brillant que la normale dans une certaine quantité de lumière (Tourre, 2007). C'est pourquoi il existe une description mathématique standardisée de la sensibilité visuelle. Ces unités interdépendantes décrivent le flux lumineux, son intensité dans l'espace, la luminance au point et la luminance d'une surface. Ces unités sont à la fois physiques et psychologiques, car elles dépendent à la fois des propriétés physiques du rayonnement électromagnétique et de notre perception. Le flux lumineux décrit le flux total d'une lumière provenant d'une source lumineuse (Tregenza & Loe, 1998).

La lumière du jour est l'une des ressources naturelles les plus importantes que les architectes peuvent utiliser pour améliorer les ambiances lumineuses, le confort visuel et la performance du système d'éclairage dans les environnements constituant un élément fondamental des bâtiments et de leur intérieur (Yasmine Mahmoud Saad Abdelhamid et al., 2023). L'ambiance lumineuse est un élément crucial dans la conception des espaces, influençant directement leur usage, la perception des usagers et l'interaction entre eux et l'environnement (Chaabouni, 2011). Trois facteurs clés importants dans la conception optimale de l'éclairage naturel sont étudiés par les chercheurs (ZA Kiliç, A Köknel Yener, 2021) pour une construction résidentielle de grande hauteur à Istanbul : la taille des fenêtres, le type de vitrage et la technique d'ombrage. Des résultats obtenus à l'aide de la simulation dynamique ont montré que des fenêtres plus grandes permettent d'optimiser la quantité de lumière naturelle tout en réduisant la consommation d'énergie pour l'éclairage. Le meilleur verre pour laisser entrer la lumière naturelle est le vitrage à faible émissivité, qui diminue également l'éblouissement. Les débords de toit contribuent à améliorer la luminosité et les vues extérieures, tandis que les stores vénitiens extérieurs sont utiles pour réduire l'éblouissement. La combinaison d'un vitrage à faible émissivité, de stores vénitiens extérieurs et d'un rapport fenêtre/mur élevé est préconisée. Les chercheurs (João Pedro De Melo Souza et al. 2023) examinent comment plusieurs facteurs architecturaux influencent la quantité d'éclairage naturel dans un puits de lumière situé dans une structure résidentielle dans la ville de São Paulo, au Brésil. Les facteurs étudiés déterminent les dimensions géométriques du lanterneau, la réflectivité de ses parois et la proportion de

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

l'ouverture de la façade. Les résultats de la simulation numérique montrent que l'amélioration des dimensions géométriques du puits de lumière, de la réflectivité de ses parois et du pourcentage d'ouverture de la façade améliore l'éclairage naturel dans l'ensemble du bâtiment simulé, en particulier au centre du puits de lumière, en particulier ceux qui ne sont pas exposés à un ensoleillement direct.

Eclairage et l'économie d'énergie : Eclairage naturel ou artificiel ?

L'étude de (*Jeffrey Niemasz et al. 2011*) montre que les mécanismes de zonage appropriés sont nécessaires pour construire des structures efficaces sur le plan énergétique à des densités suffisamment développables. Cependant, l'utilisation du zonage solaire pour améliorer l'accès au soleil dans les structures résidentielles aux États-Unis n'a que peu d'effets sur l'énergie, le carbone ou les coûts ; au contraire, elle réduit la densité aménageable. L'environnement bâti, les caractéristiques du site, la forme urbaine, les schémas de circulation, l'organisation des bâtiments et les technologies des composants des bâtiments doivent tous être pris en compte dans la conception durable. Les simulations multi-échelles offrent des possibilités d'économie d'énergie et de conception sans règles. Grâce aux développements futurs des simulations urbaines, l'utilisation de l'énergie peut être réduite de manière significative et coopérative en intégrant les conceptions des bâtiments, des villes et des paysages. Cet article propose une technique de simulation pour évaluer comment le zonage solaire affecte la consommation d'énergie d'une maison individuelle standard. Cette approche peut être utilisée pour trouver des solutions de zonage efficaces qui sont spécifiques au climat et au type de bâtiment.

L'étude de (*Francesco De Luca & Jarek Kurnitski, 2018*) à Tallinn, la capitale de l'Estonie, montre que la lumière du jour joue un double rôle dans la conception architecturale. D'une part, elle est appréciée pour les économies d'énergie qu'elle permet de réaliser et pour la création d'un intérieur confortable et chaleureux pour les bâtiments. D'autre part, une exposition excessive au soleil peut enfreindre les règles d'efficacité énergétique en provoquant des problèmes de surchauffe pendant la saison estivale. Cet article examine le lien entre les taux d'ouverture, l'éclairage naturel et le potentiel de surchauffe à travers l'étude de 7812 variantes de conception. Il a été démontré que le potentiel de surchauffe peut être géré par l'utilisation de la ventilation et de l'ombrage. L'efficacité énergétique et les besoins en éclairage naturel peuvent ainsi être équilibrés. Cette étude souligne à quel point il est crucial de prendre en compte ces facteurs lors du développement de structures résidentielles en Estonie.

I.1.1. Source de l'éclairage naturel

Nous discuterons des sources de l'éclairage naturel dans les espaces architecturaux. La principale source de lumière est bien sûr le soleil, le ciel est une source secondaire de lumière naturelle (Biron, 2008)



Figure I. 2 Illustration de la pénétration de la lumière du jour à travers un modèle réduit (Derek, 2004)

La distribution de l'éclairage dans un espace dépend de la répartition des sources lumineuses et de la réflexion des parois. Elle est d'autant meilleure que les réflexions de chaque paroi sont élevées et uniformément réparties (couleurs uniformes).

I.1.1.1 Le rayonnement électromagnétique

Les rayonnements électromagnétiques se déplacent rapidement dans le vide. Ils peuvent être assimilés à des ondes ou à des particules qui se propagent en ligne droite. Ils se définissent par leur vitesse, leur fréquence et leur longueur d'onde λ . La figure montre une division de ces radiations suivant leur longueur d'onde (De Herde & Liebard, 2005)

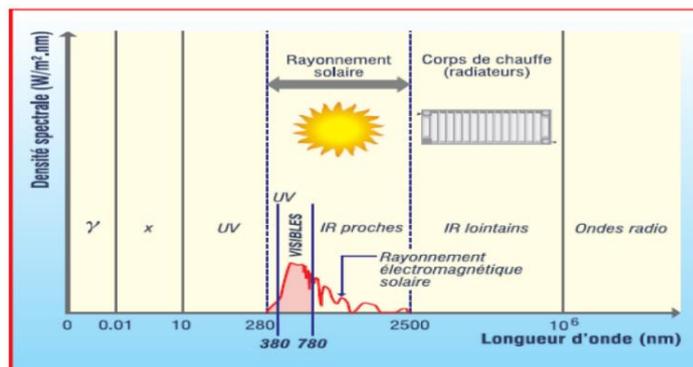


Figure I. 3 Classification des rayonnements électromagnétiques (De Herde & Liebard, 2005)

« Le rayonnement solaire ne correspond qu'à une partie du spectre des ondes électromagnétiques. Le soleil dégage autour de lui une énergie de 66 millions de W/m², produite par des réactions nucléaires en chaîne. Seul une fraction de cette énergie atteint les limites de notre atmosphère. Elle vaut 1353 W/m² et est appelée constante solaire. L'énergie reçue au niveau du sol est plus faible que cette valeur car l'atmosphère absorbe une partie du

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

rayonnement solaire (environ 15 %) et la réémet dans toutes les directions sous forme de rayonnement diffus. L'atmosphère réfléchit une autre partie du rayonnement solaire vers l'espace (environ 6 %). Le rayonnement global au niveau du sol se définit donc comme la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus. L'énergie reçue par une surface dépend en outre de la saison, de la latitude, des conditions météorologiques, du relief, de la pollution, de l'orientation de la surface considérée, etc » (De Herde & Liebard, 2005).

1.1.1.2 Le soleil source principale

Le soleil est une boule de gaz incandescents qui émet lumière et chaleur radiante. La lumière solaire est blanche. Son spectre est complet et continu ; il est composé de radiation de longueurs d'onde allant de 0.3 à 2.6 microns 'le maximum du spectre de la lumière solaire coïncide avec le maximum de la courbe des sensibilités de l'œil, radiations vert-jaune de longueurs d'onde 0.55 micron' (Sigrid & De Herde, 2003). Son indice optimal de rendu des couleurs (IRC) est de 100, sur une échelle allant de 0 à 100. La lumière solaire varie de manière continue la journée en intensité de flux lumineux comme en direction, ainsi qu'au rythme de rotation de la terre autour du soleil, les saisons résultant de son inclinaison. Quand le Nord est plus rapproché du Soleil que le Sud, c'est l'été dans l'hémisphère nord et l'hiver dans l'hémisphère sud. Dans les régions de l'équateur, le jour et la nuit sont d'égale longueur (Narboni, 2006).

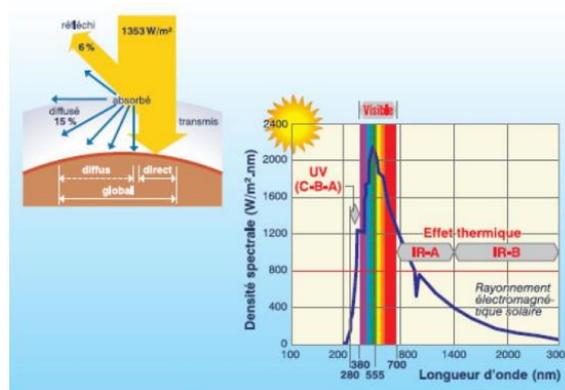


Figure I. 4 Le spectre solaire (De Herde & Liebard, 2005)

Le spectre solaire est distribué en trois catégories de rayonnement

- Les ultraviolets (UVA et UVB) dont la longueur d'onde est située entre 280 et 380 nm. Ils assurent environ 5 % de la totalité du rayonnement solaire.
- La partie visible du spectre. Elle correspond à la portion du rayonnement solaire comprise entre 380 et 780 nm. C'est dans ce champ visible que l'énergie solaire est la plus intense. Il correspond à 50% de la somme globale du rayonnement solaire.

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

Infrarouge (IRA et IRB) qui correspondent à des longueurs d'onde allant de 700 à 2500 Nm. Elles comptent pour environ 45% du spectre solaire. (De Herde & Liebard, 2005).

I.1.1.3 Le ciel source secondaire

La portion du rayonnement solaire qui est à la fois absorbée et ré illuminés par l'atmosphère constitue ce que nous appelons l'éclairage du ciel. La présence de lumière naturelle est en fonction de la position du soleil dans le ciel qui dépend de l'heure de la journée et de la situation géographique du milieu concerné - mais aussi des conditions climatiques (couverture nuageuse), de la pollution, du relief, de l'orientation de la surface... Devant cette multitude de conditions atmosphériques existantes, des ciels standards ont été fixés pour faciliter l'étude de l'éclairage naturel. Ces ciels sont tous définis par la répartition de leur luminance sur la voûte céleste (Roditi, 2011).

I.1.2. Type du ciel

Le ciel n'émet pas de lumière en soi, mais il modifie le rayonnement diffusé par une source lumineuse primaire telle que le soleil, par réflexion ou par réfraction. La partie de ce rayonnement solaire qui traverse et est diffusée par l'atmosphère est responsable de la lumière naturelle provenant du ciel. La quantité de lumière naturelle disponible dépend de la position du soleil dans le ciel, qui est déterminée par l'heure et la position géographique du lieu, ainsi que des conditions météorologiques (comme la couverture nuageuse), du relief, de la pollution, de l'orientation de la surface, et d'autres facteurs. Etant donné la grande variété des conditions météorologiques, des modèles standards de ciels ont été créés pour les études d'éclairage naturel. Chaque modèle est caractérisé par la distribution de sa luminance sur la voûte céleste.

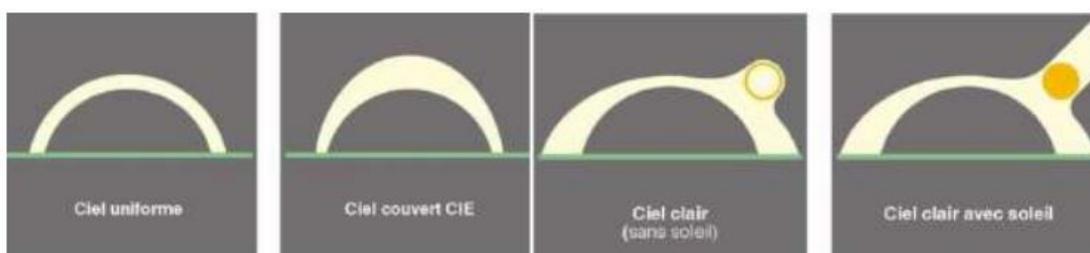


Figure I. 5 Type du ciel (De Herde&Liebard 2005)

En raison de la variabilité des conditions météorologiques, des ciels standardisés ont été créés pour les études d'éclairage naturel. Chacun de ces ciels est caractérisé par une répartition de luminance spécifique sur la voûte céleste.

Le ciel couvert uniforme correspond à un ciel excessivement nuageux et uniformément gris, sans zone de clarté apparente. C'est le modèle de ciel le plus couramment utilisé pour mesurer la quantité de lumière naturelle dans un espace.

Le ciel couvert CIE "Moon et Spencer" est un modèle normalisé de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) proposé en 1955. Il représente un ciel couvert nuageux dans lequel la luminance en un point diffère en fonction de sa localisation sur la voûte céleste. Bien que simplifié, ce modèle est largement utilisé comme référence pour évaluer les performances des systèmes d'éclairage naturel. La CIE a également défini d'autres types de ciels normalisés, comme le ciel clair, le ciel voilé, le ciel partiellement couvert, etc., qui sont utilisés pour simuler l'éclairage naturel.

Le ciel clair serein (ou ciel bleu) est caractérisé par une répartition de luminance différente en fonction des paramètres géométriques et de l'emplacement du soleil.

Le ciel clair avec soleil prend en compte le rayonnement total du soleil, comprenant les rayonnements directs et indirects, et permet d'analyser les ombres, la lumière et les risques d'éblouissement liés à l'infiltration du soleil dans l'espace.

I.1.3. Les caractéristiques physiques de la lumière naturelle

Les grandeurs photométriques sont à la base de toutes les mesures en éclairage et il en existe quatre fondamentales :

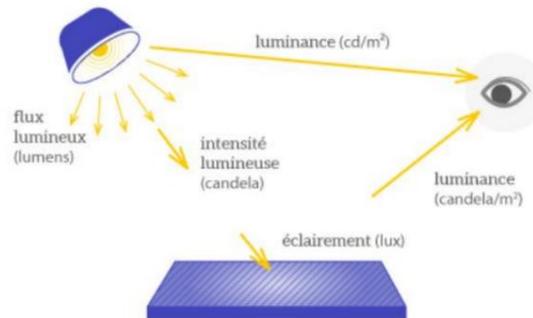


Figure I. 6 Les grandeurs photométriques (<https://leclairage.fr/guide-de-leclairage/>)

I.1.3.1 Le flux lumineux

Une puissance lumineuse transmise par une source lumineuse dans toutes les directions, exprimée en lumens (lm). Il permet de confronter l'efficacité lumineuse des différentes lampes.

b) L'intensité lumineuse : une mesure de la puissance lumineuse diffusée dans une direction donnée par une origine de lumière. Elle se calcul en candela (cd). Plus une source de lumière émet d'énergie lumineuse dans une direction donnée, plus son intensité lumineuse sera élevée dans cette direction.

I.1.3.2 L'intensité lumineuse

Est liée au flux lumineux et à l'angle solide, comme décrit dans la relation $I = \Phi / \Omega$. Elle est également utile pour caractériser les sources de lumière directionnelles, telles que les

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

projecteurs ou les phares de voiture, où l'intensité lumineuse est importante pour la visibilité dans une direction spécifique.

I.1.3.3 L'éclairage

Quantité de lumière ressentie par une surface (la quantité de flux lumineux éclairant une surface), exprimée en "lux". L'éclairage est calculé avec un luxmètre en lux (1 lux = 1 lumen/m²).

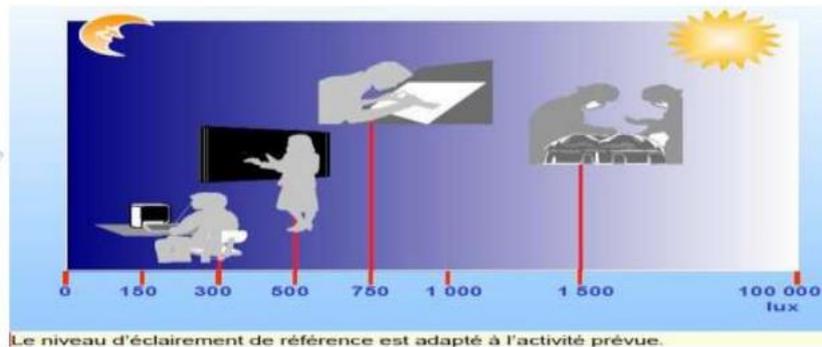


Figure I. 7 Le niveau d'éclairage de référence est adapté à l'activité prévue source : PDF traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

I.1.3.4 La luminance

Concept défini comme étant le rapport entre l'intensité lumineuse qui se propage dans une certaine direction et la surface visible de la source lumineuse dans cette même direction. La luminance est généralement mesurée en candélas par mètre carré (cd/m²). Elle représente la grandeur photométrique qui se rapproche le plus de la sensation visuelle de luminosité ressentie sur une surface. Les niveaux de luminance perçus par l'œil humain peuvent varier de 0,001 cd/m² (en vision nocturne où la perception des couleurs est impossible) à 10 000 cd/m². Cependant, il est important de noter que l'œil n'est pas sensible aux variations de luminance inférieures à 20%, et qu'il ne peut que comparer les différentes sensations lumineuses plutôt que de les mesurer précisément (Confort, niveau de luminance acceptable et position de la source. Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique p118.)

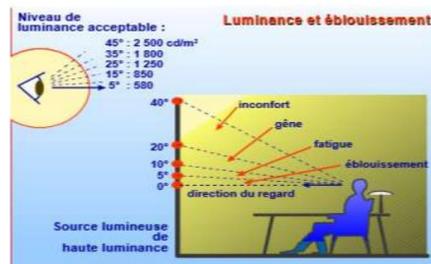


Figure I. 8 Confort, luminance acceptable et position de la source (Traité d'architecture et urbanisme bioclimatique)

I.1.4 La propagation de la lumière naturelle

I.1.4.1 L'absorption

Sous une lumière naturelle, un objet absorbe plus ou moins ses composants ; s'il les absorbe tous, il est de couleur noire ; s'il les reflète tous, il est de couleur blanche. Un objet rouge est donc un objet qui réfléchit le rouge et absorbe les autres composants de la source lumineuse qui l'éclaire (De Herde & Liebard, 2005).

I.1.4.2 La réflexion

Il y a quatre modalités de réflexion de la lumière sur une surface (Liebard & De Herde, 2005).

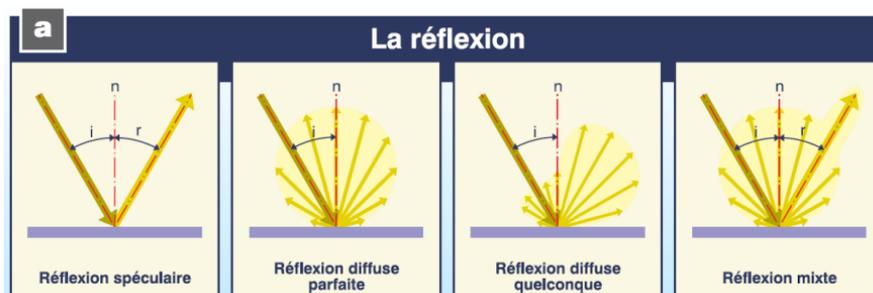


Figure I. 9 Les différents modes de réflexion (Liebard & De Herde, 2005)

✓ **La réflexion spéculaire** : La lumière est retournée à un degré de réflexion équivalent à l'angle d'incidence du rayon lumineux.

✓ **La réflexion diffuse parfaite** : la lumière réfléchie est distribuée dans toutes les directions.

✓ **La réflexion diffuse quelconque** : la lumière se répartit de manière aléatoire.

✓ **La réflexion mixte** : La lumière est réfléchie de manière diffuse mais favorise tout de même une direction précise (Liebard & De Herde, 2005)

I.1.4.3 La transmission

Il y a quatre modes de transmission de la lumière (Liebard & De Herde, 2005)

✓ **La transmission directionnelle** : La lumière est transmise suivant un angle identique à l'angle d'incidence du rayon lumineux.

✓ **La transmission diffuse parfaite** : la lumière transmise est distribuée dans toutes les directions.

✓ **La transmission diffuse quelconque** : la lumière est répartie de manière arbitraire

✓ **La transmission mixte** : La lumière est transmise de façon diffuse mais favorise une direction précise (Liebard & De Herde, 2005).

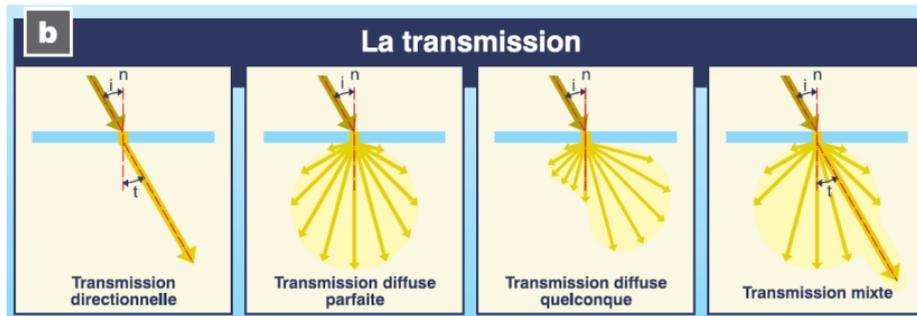


Figure I. 10 Les différents modes de transmission (Liebard & De Herde, 2005)

I.1.5. Le facteur de lumière du jour (FLJ)

Selon Reiter et De Herde (2004) Le facteur de lumière du jour est le rapport d'éclairement naturel inférieur reçu en un point. En éclairage naturel la notion d'éclairement est parfois remplacée par la notion de facteur de lumière du jour.

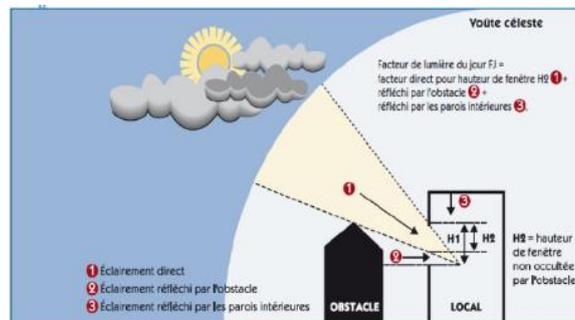


Figure I. 11 Les composants du facteur de lumière du jour (INRS4, 2012)

Ce facteur est le quotient de la lumière du jour intérieure reçue en un point (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) par l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale, dans un site entièrement dégagé, par ciel couvert. Il est exprimé en % (Liebard & De Herde, 2005). Dans un ciel couvert (ciel normalisé par la Commission Internationale de l'Illumination), les valeurs du facteur de lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des fenêtres, de la saison et de l'heure de la journée. Cependant, dès lors que l'on connaît le facteur de lumière du jour en un point d'un espace, on peut alors déterminer l'éclairement existant en

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

ce point, à tout moment de l'année, par ciel couvert, à travers l'éclairage horizontal extérieur (Zemmouri, 2011).

I.1.6. Stratégie de la lumière naturelle

Eclairer passivement fait partie des objectifs à atteindre pour réduire l'impact du bâtiment sur l'environnement. La RT2012 qui, met l'accent sur la réduction des consommations d'énergies, encourage effectivement à laisser une plus grande part à la lumière naturelle pour diminuer celle de l'éclairage artificiel et donc les consommations d'énergies. Et pour avoir une bonne répartition de la lumière afin d'assurer le confort visuel.



Figure I. 12 stratégies de la lumière naturelle (Liebard & De Herde, 2005)

I.1.6.1 Capter

Capter la lumière du jour, c'est la récupérer afin de pouvoir éclairer un bâtiment de manière naturelle. La lumière naturelle n'est ni fixe ni toujours égale dans sa qualité et son intensité. Elle est principalement liée à l'emplacement choisi, à la latitude et à l'altitude du lieu envisagé ainsi qu'à la pollution atmosphérique qui y règne. Pour un immeuble dont l'emplacement est déterminé, la quantité de lumière naturelle disponible varie en fonction des facteurs suivants :

Du type de ciel

Du moment de l'année,

De l'heure

De l'orientation de l'ouverture

De l'inclinaison de l'ouverture (De Herde & Reiter, 2003).

I.1.6.2 Transmettre

De l'environnement physique du bâtiment : immeubles environnants, type de sol, végétation, Transmettre la lumière naturelle, c'est promouvoir sa diffusion à l'intérieur d'une pièce. La pénétration de la lumière dans un espace est influencée par les propriétés des ouvertures comme leur taille, leur forme, leur position et le matériau de transmission choisi. Le matériau de transmission utilisé peut être transparent ou translucide (De Herde et Reiter, 2003).

I.1.6.3 Distribuer

Distribuer la lumière naturelle, c'est orienter et véhiculer les rayons lumineux de sorte à créer une répartition harmonieuse de la lumière naturelle dans le bâtiment. Une distribution harmonieuse de la lumière naturelle dans un bâtiment peut être privilégiée par diverses approches basées sur :

Le type de distribution lumineuse (direct, indirecte),

La répartition des ouvertures,

L'agencement des parois intérieures,

Le matériau des surfaces du local,

Les zones de distribution lumineuse,

Les systèmes de distribution lumineuse (De Herde & Reiter, 2003).

I.1.6.4 Se protéger

Se protéger de la lumière naturelle signifie bloquer en partie ou totalement le rayonnement lumineux. Pour obtenir un confort visuel, il est essentiel de se protéger contre l'éblouissement.

Le principe de fonctionnement de la protection solaire peut être basé sur de nombreux phénomènes physiques :

L'absorption (surplombs, mur de refends, ...),

La réflexion (light shelves, ...),

La réfraction (prismes, ...), (De Herde & Reiter, 2003).

I.1.6.5 Contrôler

Contrôler la lumière naturelle revient à maîtriser la quantité et la répartition de la lumière dans un local en tenant compte de l'évolution des conditions climatiques et des exigences des utilisateurs.

Les solutions d'éclairage naturel se divisent en trois catégories :

Le recours à des systèmes d'éclairage naturel modifiables, comme les éléments de contrôle amovibles.

Le réglage de l'installation d'éclairage artificiel en conformité avec la lumière naturelle existante.

La maîtrise du flux de la lampe en suivant la présence de la lumière naturelle. (De Herde & Reiter, 2003).

I.2. Le confort thermique

Le confort thermique est défini comme la satisfaction exprimé par l'utilisateur face à l'ambiance thermique, une sensation de bien-être lorsqu'on est exposé à une ambiance intérieure ou la personne ne doit avoir ni trop chaud ni trop froid et ne ressentir aucun courant d'air gênant (GIVONI. B, 1978) Le confort thermique est une notion subjective liée au métabolisme de chacun ou dans la même ambiance y'a une personne qui va se sentir bien alors qu'une autre personne pourra avoir une certaine gêne.

I.2.1 Les facteurs de confort thermique

Le confort thermique n'est pas une question de température et d'humidité seulement, mais il prend en considération d'autres facteurs liés soit à l'individu, l'environnement ou aux gains thermiques

I.2.1.1 Facteurs en relation à l'individu

Le métabolisme et l'activité : est l'action de produire la chaleur interne du corps et permet de la maintenir aux environs des 37 °C. Une personne assise n'aura pas la même production de chaleur qu'une personne en activité et donc n'aura pas le même ressenti dans une même ambiance.

La vêtue : est la dernière barrière entre la surface de la peau et l'environnement elle assure une résistance aux échanges de chaleur aussi réduits la sensibilité du corps aux changements de la température et de la vitesse d'air.

I.2.1.2 Facteurs en relation à l'environnement

Nous avons quatre paramètres ou grandeurs physiques qui caractérisent l'environnement thermique et qui influencent le fonctionnement de métabolisme de l'être humain :

Température de l'air : la température ambiante et un indicateur très important de confort thermique, elle correspond aux échanges par convection. Ou tout simplement la température de l'air extérieur qui nous entoure. Selon l'ADEME 2 pour bénéficier d'un confort thermique, la température de l'air se varier selon les espaces définis, nous avons :

L'espace	La température recommandée
L'espace à vivre (salon, cuisine, bureau ...)	19 C°
Chambre à coucher d'un nourissant	Entre 18 et 20 C°
Chambre à coucher d'un adulte	16 C°
Salle de bain dans le temps d'occupation	22 C°
Salle de bain non occupée	17 C°

Tableau I 1 Valeurs de références de la température de l'air

Température des parois : représente la moyenne des températures et échanges de chaleur entre les parois d'un local par rayonnement ; ou le refroidissement des bâtiments est le résultat des déperditions thermique à travers l'enveloppe. (LIEBARD. A, 2005)

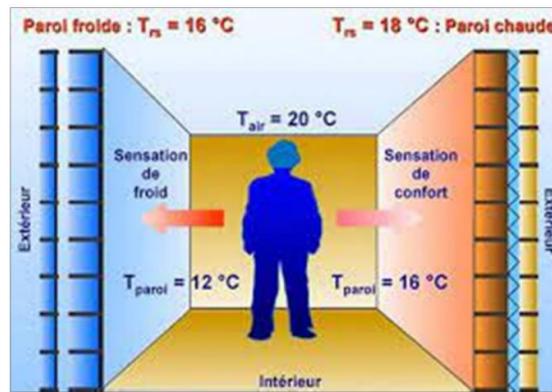


Figure I. 13 l'influence de la température des parois sur la température et le confort intérieur (LIEBARD. A, 2005)

L'humidité relatif de l'air : un élément major de la qualité de confort thermique exprimé en pourcentage (%), représente la quantité d'eau dans l'air à une température ambiante. L'humidité de l'air influence directement la sante de l'homme ou "pour des humidités trop basse l'homme ressant des inconforts locaux dus à la sécheresse de l'air et la vulnérabilité de sa voie respiratoire est accrue en cas d'attaques microbiennes. Des humidités élevées par contre favorisent l'élimination des microbes des vois respiratoire supérieur en augmentant le flux mural " (FAUCONNIER. R)

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

Ou on peut défini la relation entre l'humidité et le confort hygrothermique dans le diagramme suivant :

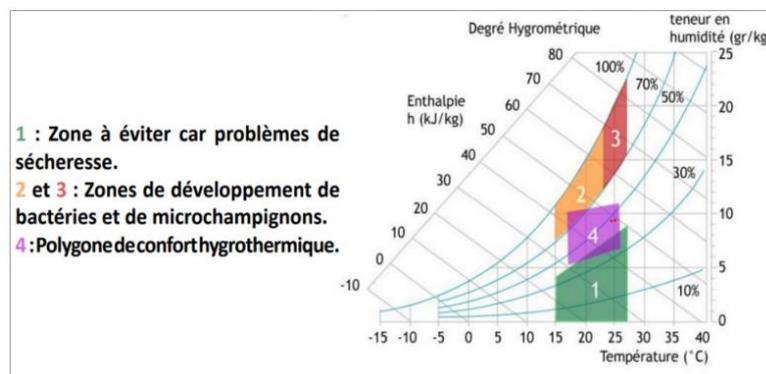


Figure I. 14 Relation entre l'humidité et la température (ALEC-Nancy-Grands-Territoires-3-actions-1-1.pdf (alec-nancy.fr))

La vitesse de l'air : est un paramètre essentiel qui influence les échanges par convection de chaleur, ou l'augmentation de cette vitesse de déplacement d'air affect des déperditions par contre la limitation de courant d'air préserve la chaleur autour de nous. (P.O.Fenger) , Donc il faut éviter les courant d'air dépassent les 0,2 m/s dans les bâtiments.

I.2.1.3 Facteurs en relation aux gains thermiques

Nous considérons les apports internes toute la quantité de la chaleur produite dans un espace par des sources internes à part le système de chauffage. D'un côté nous avons les occupants comme une source important d'apports internes par leur métabolisme d'autre coté l'avènement de la technologie et les besoins électriques augmentent ces apports ou les appareils électriques transforment l'énergie qu'il consomme en chaleur ; donc ces gains thermiques dépendent d'un bâtiment à un autre selon le type de bâtiments, le nombre des occupants et de son usage.

I.2.2 Le confort thermique et l'environnement climatique d'un bâtiment

Construire un bâtiment c'est d'assurer le bien-être et le confort d'un utilisateur, mais tout en minimisant l'impact de ce dernier sur son environnement climatique (soleil, vents, Pluit...). C'est à dire construire avec le climat ou le concepteur doit tenir compte de la ventilation naturelle, l'implantation et la forme du bâtiment aussi l'orientation des pièces en fonction de leurs usages.

I.2.2.1 L'orientation

L'orientation à un impact significatif sur l'ambiance et le confort intérieur du bâtiment, ou l'exposition des façades aux radiations solaires direct augmente la température intérieure et

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

affectant ainsi la consommation énergétique de bâtiment. Donc la prise en compte de l'orientation dans la distribution spatiale dans un bâtiment est indispensable pour avoir une conception plus performante thermiquement et plus économique énergétiquement.

I.2.2.2 La ventilation naturelle

Un facteur très important d'une conception confortable, assure la purification de l'ambiance intérieure par le renouvellement d'air, qui a lieu en raison de différence de pression et de température entre intérieur et extérieur ou l'air le plus froid présent une densité plus lourde ce qui permet une circulation de l'air depuis l'extérieur et l'intérieur du logement jusqu'à l'extérieure, aussi le vent agit sur les parois d'un bâtiment en appliquant une pression sur les façades et le toit.

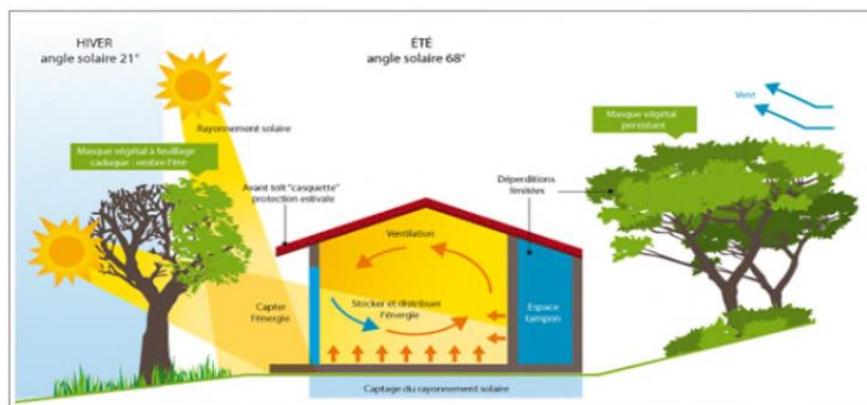


Figure I. 15 La ventilation naturelle (la ventilation dans une maison passive)

I.2.2.3 L'implantation

Le choix du site de l'implantation est une étape fondamentale ou l'architecte peut déterminer l'impact de son environnement sur le bâtiment (aération, ensoleillement et la déperdition ...) dont les déférents caractéristiques du site tel que la topographie et la situation définie des potentialités à profiter et des contraintes défavorables tout en assurant une bonne insertion du bâtiment. Donc l'implantation de bâtiment un élément essentiel qui influe le confort thermique dans une ambiance intérieures, plus le bâtiment est bien adapté plus les apports thermiques gratuit augment donc minimisé la consommation énergétique.

I.2.2.4 La forme de bâtiment

Le coefficient de la forme ou la compacité représente le rapport entre la surface exposé aux conditions climatiques environnants et le volume habitable (m^2 / m^3). Donc la forme architecturale d'un bâtiment joue un rôle très important sur le confort thermique ou l'augmentation de ce rapport ou sa diminution affect des changements sur le climat intérieur de

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

ce dernier, alors pour assurer un confort thermique la conception d'un bâtiment doit à la fois minimiser les gains thermiques en été et les pertes de chaleur en hiver.

I.2.3 Conclusion

La complexité de la notion de confort thermique a permis l'apparition de plusieurs définitions qui essayent de toucher tous les aspects de ce phénomène, physique, physiologique et psychologique mais globalement nous pouvons définir le confort thermique comme un état de satisfaction envers une ambiance thermique. La sensation de confort thermique est liée à plusieurs paramètres, celles liées à l'individu et d'autres à l'environnement aussi celles liées aux gains thermiques.

Afin d'atteindre ce confort plusieurs études ont été élaborées dont le développement de deux approches qui servent à l'évaluation de confort thermique, analytique et adaptative qui est la plus utilisée dans les recherches vu l'importance des résultats qu'elle offre concernant les deux aspects du confort thermique quantitatif et qualitatif. Le manque de confort thermique incite les gens à l'utilisation des équipements de régulation thermique ce qui engendre une consommation énergétique importante. D'après toute une recherche sur le confort thermique, et vu son importance dans tous types de bâtiments les concepteurs doivent prendre en considération l'étude de tous les paramètres qui influencent ce dernier afin d'assurer une conception avec un maximum de confort thermique et un minimum de consommation énergétique.

I.3. Le confort visuel

I.3.1 Définition

Selon l'association Haute Qualité Environnementale : « Elle définit le « confort visuel » comme étant le dixième cible du projet de construction de haute qualité environnementale. Ses critères de référence en termes d'éclairage sont les suivants :

Éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques.

Éclairage artificiel satisfaisant et en appoint de l'éclairage naturel.

Relation visuelle suffisante avec l'extérieur.

Et selon Mudri (2002), il implique « l'absence de gêne qui pourrait provoquer une difficulté, une peine et une tension psychologique, quel que soit le degré de cette tension ». Dans un environnement virtuel, la visibilité nette des objets et sans fatigue apporte un sentiment de confort et de sécurité à celui qui observe. Une deuxième explication du confort visuel est la réception correcte du message de l'environnement virtuel Mudri (2002), Elle est garantie par un

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

éclairage convenable du champ visuel, en évitant les contrastes trop marqués, y compris les éblouissements (Roulet, 2004). L'environnement visuel fournit un sentiment de confort quand il est possible de percevoir les objets avec clarté et sans aucune fatigue dans une atmosphère agréable et colorée. Le confort visuel peut aussi être considéré comme la bonne réception d'un message en provenance de l'environnement visuel. Il repose sur la quantité, la distribution et la qualité de la lumière. Ces trois paramètres sont principalement liés aux principaux paramètres physiques du confort visuel. (Kay & Afacan, 2017).

I.3.2. Les paramètres physiques du confort visuel

I.3.2.1. L'éclairement

L'éclairement est un paramètre physique fondamental du confort visuel. Il correspond à la quantité de lumière incidente sur une surface, exprimée en lux (lx). Plus précisément, il s'agit du flux lumineux reçu par unité de surface (lumen/m²). Un niveau d'éclairement suffisant permet de réaliser des tâches visuelles sans fatigue, en assurant une bonne lisibilité et une perception claire des formes et des couleurs. En contexte architectural, l'éclairement naturel ou artificiel est évalué pour répondre aux besoins visuels selon les usages des espaces (lecture, travail sur écran, repos, etc.). Des niveaux recommandés sont définis par les normes (ex. : 500 lux pour des bureaux, 300 lux pour une chambre). Un éclairage insuffisant ou excessif peut nuire au confort visuel, provoquer une fatigue oculaire ou altérer la perception spatiale.

Norme NF EN 12665 : Lumière et éclairage – Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage

I.3.2.2. La luminance

La **luminance** est un autre paramètre physique essentiel du confort visuel. Elle représente la quantité de lumière perçue par l'œil en provenance d'une surface dans une direction donnée, et s'exprime en candelas par mètre carré (cd/m²). Contrairement à l'éclairement qui mesure la lumière reçue, la luminance traduit la brillance apparente d'une surface. Ce paramètre est directement lié à la perception du contraste, à la lisibilité des objets et à l'éblouissement. Des différences trop marquées de luminance dans le champ de vision peuvent entraîner une gêne visuelle, voire de l'inconfort ou une perte d'efficacité visuelle. Un bon équilibre des luminances est donc essentiel pour créer un environnement visuellement confortable.

Norme NF EN 12665 : Lumière et éclairage – Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage

I.3.2.3. Le contraste

Définition : l'appréciation subjective de la différence d'apparence entre deux parties du champ visuel vues simultanément ou successivement. Il peut s'agir d'un contraste de couleur, d'un contraste de luminance, d'un contraste simultané ou successif. la performance visuelle est en relation proportionnelle avec le contraste comme l'indique la figure I.16. Si l'on augmente l'éclairement d'une tâche de faible contraste, on ne peut jamais atteindre le niveau de performance d'une tâche de contraste plus élevé. Plus les contrastes sont élevés, plus la performance est améliorée en fonction de l'éclairement, jusqu'à ce que le point de performance maximale soit atteint.

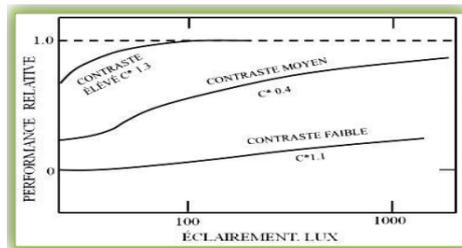


Figure I. 16 Rapport entre la performance visuelle, le contraste et l'éclairement CBD-192-F., www.nrcnrc.gc.ca/fra/idp/irc/dcc/digest-construction-192.html.

I.3.2.4 L'éblouissement

L'éblouissement est une situation d'inconfort visuel causée par une luminosité trop intense. L'éblouissement et un excès de luminance dans le champ visuel tel que le passage brusque de l'obscurité à la lumière, l'apparition de projecteurs ou phares, de points lumineux apparaissant dans l'espace visuel, provoquent l'éblouissement. Ce phénomène se caractérise par une sensation de gêne oculaire et des difficultés à distinguer l'objet examiné. [R. Floru, 1996]

1. Types d'éblouissement :

Suivant l'origine de l'éblouissement, nous pouvons distinguer :

A : l'éblouissement direct :

Est causé par la présence d'une source luminance interne dans le champ de vision comme la partie fovéale de l'œil est très sensible à de hauts niveaux de luminance. Les valeurs de luminance maximales admissibles dépendent de l'angle de vision, en effet lorsque l'angle formé par horizontale et la droite qui relient l'œil à la source luminance augmente la sensation d'éblouissement diminue. (BENHARKAT SARAH: l'impact de l'éclairage zénithale sur le confort visuel dans les salles de classe cas d'étude bloc de lettre de Constantine mémoire de magistère 2004).

En éblouissement direct, on peut donc distinguer 2 types d'éblouissement : (energieplus-lesite.be)

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

D'une part, "l'éblouissement d'inconfort" résulte de la vue en permanence de sources lumineuses de luminances relativement élevées. Cet éblouissement peut créer de l'inconfort sans pour autant empêcher la vue de certains objets ou détails. D'autre part, "l'éblouissement invalidant" est provoqué par la vue d'une luminance très élevée pendant un temps très court. Celui-ci peut, juste après l'éblouissement, empêcher la vision de certains objets sans pour autant créer de l'inconfort.

B : Eblouissement indirect :

Lorsque la personne a, dans son champ de vision, un plan de travail, des murs, des objets sur lesquels la lumière se reflète fortement, il y a éblouissement indirect. (www.beswic.be)

Solutions :

*Supprimez du champ de vision tout objet réfléchissant : verre (cadres...), plastique (fardes transparentes...), objets brillants (déco...).

*Préférez des tables et objets mats.

*Repérez les lampes ou luminaires qui causent ces reflets et appliquez les mesures décrites pour l'éblouissement direct.

*L'éblouissement direct produit par un objet lumineux (lampe, fenêtre, ...) situé dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine.

*L'éblouissement par réflexion produit par des réflexions d'objets lumineux sur des surfaces brillantes (anciens écrans d'ordinateur, plan de travail, tableau.....



Figure I. 17 Cas d'éblouissement (www.beswic.be)

C : L'éblouissement dû à éclairage naturel :

En éclairage naturel, les sources principales d'éblouissement sont (sites.uclouvain.be):

La vision directe du soleil ou du ciel au travers des fenêtres,

La réflexion du soleil ou du ciel sur les bâtiments voisins,

Un contraste de luminance excessif entre une fenêtre et le mur dans lequel elle s'inscrit,

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

Un contraste de luminance excessif entre une fenêtre et son châssis,

Une surface de luminance trop élevée par rapport aux surfaces voisines

I.3.2.5 : le spectre lumineux

Le spectre lumineux représente l'ensemble des longueurs d'onde de la lumière, dont la partie visible par l'œil humain s'étend de 380 à 780 nanomètres, correspondant aux couleurs allant du violet au rouge. Le spectre solaire est un spectre continu qui inclut la lumière visible, les ultraviolets (UV) et les infrarouges (IR), avec un pic d'intensité autour de 500 nm. Il sert de référence en éclairage pour assurer un bon confort visuel. On distingue plusieurs types de spectres : continu, de raies et d'absorption, selon la nature de la source lumineuse. En architecture et en simulation, le spectre lumineux est essentiel pour évaluer la qualité de la lumière, son impact sur la perception des couleurs, et le rendement lumineux des matériaux. Une lumière proche du spectre solaire est préférée pour le bien-être des occupants.

"Fundamentals of the Visual Perception and Colourimetry."
CIE Publication 15:2018 – Colorimetry, 4th Edition

I.3.3 Le confort visuel en architecture

Selon De Herde et Liebard (2005) : L'environnement visuel nous procure un sentiment de confort lorsque nous pouvons voir les objets clairement et sans fatigue dans une atmosphère agréable et colorée. L'obtention d'un environnement visuel confortable dans une pièce favorise le bien-être des occupants. A l'inverse, un éclairage trop faible ou trop fort, mal distribué dans l'espace ou dont le spectre lumineux est mal approprié à la sensibilité de l'œil ou à la perception des couleurs, entraîne une fatigue plus ou moins longue à expirer, couvre. Même les troubles visuels, accompagnés d'une sensation d'inconfort et de performances visuelles réduites.

Le confort visuel relève d'une association de paramètres physiques : l'éclairement, la luminance, le contraste, l'éblouissement et le spectre lumineux, auxquels s'ajoutent les spécificités de l'environnement et du lieu visuel à accomplir, comme la taille des éléments à observer et le temps imparti pour la vision. Le confort visuel est, en outre, des facteurs physiologiques et psychologiques relatifs à l'individu tels que son âge, son acuité visuelle ou la possibilité de regarder à l'extérieur.

Les paramètres de confort visuel pour lesquels l'architecte a un rôle déterminant sont les suivants :

- Le niveau d'éclairement de la tâche visuelle ;

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

- Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace ;
- Les rapports de luminance présents dans le local ;
- L'absence d'ombres gênantes ;
- La mise en valeur du relief et du modèle des objets ;
- Une vue vers l'extérieur ;
- Un rendu des couleurs correct ;
- Une teinte de lumière agréable ;
- L'absence d'éblouissement

I.3.4. Les paramètres qui influent sur le confort visuel

I.3.4.1. Les couleurs



Figure I. 18 Pièce avec couleur chaude couleur froide(<https://www.benjaminmoore.com/fr-ca>)

(a) Pièce avec couleur chaude

(b) Pièce avec couleur froide

La couleur émise par les objets et l'environnement affecte l'état psychophysiologique et le système nerveux des habitants de la pièce, car elle affecte directement l'atmosphère de la vie. Les couleurs avec des longueurs d'onde plus longues telles que le rouge et l'orange stimulent le métabolisme, tandis que les couleurs avec des longueurs d'onde relativement plus courtes telles que le bleu et le violet sont apaisantes. Et les couleurs intermédiaires comme le vert, le jaune et même le blanc ont un bon effet tonique sur les activités concentrées. Les couleurs sombres, en particulier les gris, semblent déprimantes. Enfin, on peut dire que la couleur contribue à

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

modifier la taille apparente des surfaces et des volumes. La lumière chaude est composée des ondes des couleurs rouge et orange, et les objets qui ont la couleur chaude sont plus agréables lorsqu'on les éclaire avec une lumière pareille (chaude) et vice versa, en plus que la lumière chaude tend à noircir les objets qui ont des couleurs froides (Trouve, 1991).

I.3.4.2. Les matériaux

Tout dépend de la direction de la lumière et de la position de l'observateur, et la perception de la matière dont est fait l'objet est à chaque fois différente. Alors que la lumière est considérée comme un matériau de construction, les matériaux solides sont essentiels pour comprendre le comportement de la lumière, car ils affectent directement les propriétés de la lumière : quantité, qualité, direction, etc., et donc l'ambiance de la vie. Les matériaux ont deux caractéristiques essentielles pour étudier la lumière : leur finition (mate ou brillante) et leur couleur. La combinaison de ces paramètres se traduit à chaque fois par un changement d'ambiance qui répond aux besoins du concepteur et/ou de l'occupant de l'espace. Cela est dû au rôle clé joué par la lumière naturelle, selon son intensité, son angle d'incidence, sa qualité, accentuant la texture et la couleur de ce matériau (Matallah, 2015).

I.3.4.3. La forme de la pièce

La lumière naturelle est propre et directe dans les pièces fermées et diffusée dans les pièces ouvertes. Si nous allumons juste les murs de la pièce, nous avons rendu perceptible la géométrie de la pièce, l'atmosphère devenait plus contrainte par ces murs lumineux, plus ils étaient éclairés, plus ils apparaissaient plus grands que les murs sombres. Dans l'obscurité, en revanche, les limites de la pièce disparaissent en raison de l'absence de reflets lumineux (Kaya et Afacan, 2017).

I.3.4.4. L'orientation des espaces

Il semble que l'effet d'orientation soit perceptible dans la création d'un confort visuel intérieur. Selon (Matallah, 2015), dans les bâtiments, il faut envisager de localiser les espaces où l'utilisateur se trouve la majeure partie de la journée, ainsi que les espaces où les taches qui nécessitent un éclairage élevé sont ombragées, en les exposant au soleil dans un Répond aux exigences de lumière naturelle et assure un confort visuel maximal.

I.3.4.5. Les ouvertures

(a) Ouvertures latérales

(b) Ouvertures zénithales

CHAPITRE I

Confort visuel et confort thermique dans les espaces habités

Pour pouvoir éclairer la pièce à la lumière du jour, les designers sont revenus sur des saillies ajourées sur la façade ou le toit pour établir un rapport avec l'extérieur. Le choix entre les différents types d'ouvertures se fait en fonction du volume de l'espace et de sa fonction

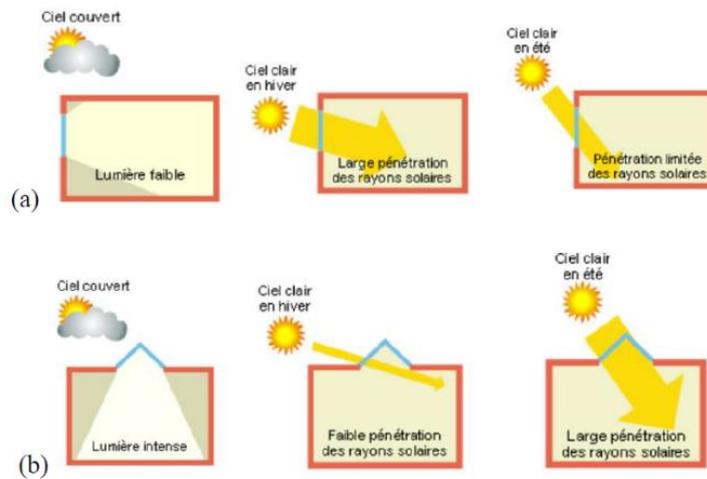


Figure I. 19 Ouvertures latérales et zénithales (source : [https://energieplus-lesite.be /](https://energieplus-lesite.be/))

I.4.Conclusion

La lumière du jour peut maximiser les performances visuelles, mais si elle n'est pas contrôlée correctement, elle peut entraîner des problèmes d'adaptation visuelle tant pour les visiteurs que pour les travailleurs à l'intérieur des galeries. Elle affectera également la capacité des visiteurs à apprécier les œuvres d'art. Les conditions dans lesquelles l'acuité visuelle peut être réduite sont l'éblouissement, les zones à fort contraste, les reflets et les ombres.

L'éblouissement direct ou indirect peut entraîner une gêne, une distraction ou même réduire la capacité à voir les objets exposés. L'œil humain réagit à l'endroit le plus lumineux du champ de vision. Des différences de luminosité extrêmes obligent l'œil à s'adapter en permanence, ce qui peut entraîner une fatigue oculaire. Pour gérer ces changements de luminosité, la conception de la lumière du jour doit viser à assurer un éclairage ambiant suffisant dans toute la pièce. Par ailleurs, les ombres et les reflets peuvent altérer ou réduire la perception des œuvres d'art et causer des distractions. Une conception et des dispositifs appropriés de contrôle de la lumière du jour peuvent minimiser les ombres et créer des conditions optimales pour la visualisation des objets exposés. Il faut choisir des matériaux et des finitions intérieures à faible réflectance pour éliminer les reflets gênants.

Cette recherche se penche sur les ambiances lumineuses de l'espace habité en Algérie, en particulier à Guelma. Il en ressort que les conceptions architecturales actuelles manquent souvent de confort adéquat et d'une intégration réfléchie de la lumière naturelle. Il est impératif d'évaluer non seulement le degré de satisfaction des usagers, mais aussi l'influence de l'environnement intérieur sur leur santé. L'objectif est de garantir un environnement intérieur sain et bien éclairé qui répond aux besoins des usagers.

CHAPITRE II
Complexes touristiques, analyse des exemples

II.1. Introduction

La lumière naturelle est un élément fondamental en architecture, essentiel pour percevoir l'environnement et garantir un confort visuel optimal. Elle favorise la santé en augmentant la vigilance, et en réduisant les besoins en éclairage artificiel et en climatisation, contribuant ainsi à l'efficacité énergétique et à la durabilité. Comparée à l'éclairage artificiel, la lumière naturelle offre un spectre lumineux équilibré et des bénéfices physiologiques uniques, bien qu'elle nécessite des solutions pour contrôler son intensité et éviter l'éblouissement. Dans les complexes touristiques, le confort thermique et visuel joue un rôle clé dans la satisfaction des clients. Une conception intégrant des solutions comme les vitrages performants, l'isolation, et les technologies intelligentes permet d'optimiser ces aspects tout en réduisant l'empreinte écologique. Le complexe touristique, est un pilier du secteur touristique, doit ainsi évoluer pour répondre aux exigences de durabilité, de confort et de performance énergétique, en valorisant pleinement les avantages de l'éclairage naturel et des stratégies environnementales

II.2. Aperçu sur les complexes touristiques dans le monde

À l'échelle mondiale, les complexes touristiques se déclinent selon une grande diversité de formes, adaptées aux contextes culturels, géographiques et économiques dans lesquels ils s'inscrivent. Qu'il s'agisse de stations balnéaires, de resorts de montagne, de complexes thermaux ou de structures écotouristiques, ces établissements ont pour objectif de répondre aux attentes variées des touristes tout en maximisant le confort, l'accessibilité et la rentabilité. Les grandes tendances actuelles dans le domaine incluent l'intégration paysagère, l'architecture durable, la spécialisation des offres (bien-être, aventure, santé), et l'usage croissant des technologies pour améliorer l'expérience client. À travers l'analyse de cas emblématiques en Europe, en Asie et en Amérique, cette section met en lumière les modèles internationaux qui inspirent le développement touristique contemporain.

II.3. Les complexes touristiques en Algérie

Le secteur touristique en Algérie représente un potentiel considérable encore largement sous-exploité. Malgré une richesse naturelle et culturelle exceptionnelle, les infrastructures touristiques restent limitées et inégalement réparties. Les complexes touristiques algériens, bien qu'en développement progressif, souffrent souvent d'un manque de planification intégrée, de normes de qualité, et d'attractivité à l'échelle internationale. Néanmoins, certaines initiatives émergent, notamment dans les zones côtières, sahariennes et thermales, visant à diversifier

CHAPITRE II

Complexes touristiques, analyse des exemples

l'offre touristique et à encourager les investissements privés. Cette partie analyse l'évolution du cadre institutionnel et stratégique du tourisme en Algérie, ainsi que les perspectives d'amélioration en matière d'aménagement, de durabilité et de valorisation du patrimoine

II.4. Guelma, ville de tourisme curatif par excellence

La ville de Guelma se distingue en Algérie par la richesse de ses sources thermales naturelles, qui en font une destination privilégiée pour le tourisme curatif. Forte d'une histoire marquée par l'usage thérapeutique de ses eaux depuis l'Antiquité, Guelma offre un cadre propice au développement d'un tourisme de santé combinant bien-être, nature et culture. Les sites comme Hammam Debagh ou Hammam Ouled Ali constituent des pôles d'attraction majeurs, tant pour les visiteurs nationaux qu'étrangers. Cette section met en relief le rôle central de Guelma dans le paysage thermal algérien, tout en analysant les atouts, les freins et les opportunités de renforcer sa place dans une stratégie nationale de tourisme durable et spécialisé.

II.5. Les complexes touristiques à Guelma

Dans le prolongement de son identité thermale, Guelma accueille plusieurs complexes touristiques qui cherchent à tirer parti des ressources naturelles et des spécificités locales. Cette partie propose une analyse critique des infrastructures existantes en termes d'implantation, d'architecture, de capacité d'accueil et de qualité des services. Elle met également en évidence les manques en matière de connectivité, de formation du personnel et de diversification de l'offre. En s'appuyant sur des données récentes et des exemples de projets en cours, l'étude propose des pistes d'amélioration pour faire de Guelma un pôle touristique complet et compétitif, à l'échelle régionale et nationale.

II.6. Guelma, un potentiel naturel à valoriser

La wilaya de Guelma bénéficie d'un patrimoine naturel remarquable, caractérisé par la présence de nombreuses sources thermales, un relief vallonné, une végétation dense ainsi qu'un climat favorable au tourisme de santé et de plein air. Ce potentiel, encore insuffisamment mis en valeur, représente une opportunité stratégique pour le développement local et régional. Au-delà de ses atouts thermaux — notamment les sites de Hammam Debagh, Hammam Ouled Ali et Hammam N'Bails —, Guelma dispose également de paysages naturels propices à l'écotourisme, à la randonnée et aux loisirs en nature. Pourtant, l'absence d'aménagements adaptés, le manque de promotion et les carences en infrastructures freinent l'exploitation

CHAPITRE II

Complexes touristiques, analyse des exemples

durable de ces richesses. Cette section vise à identifier les leviers de valorisation du patrimoine naturel de Guelma, en lien avec une vision territoriale intégrée qui conjugue tourisme, environnement et développement économique.

II.7. L'entrée Est de Guelma, une image à valoriser

L'entrée Est de la ville de Guelma constitue un point de contact stratégique entre l'agglomération urbaine et son environnement régional. Actuellement, cette zone souffre d'un manque d'aménagement, d'un paysage urbain peu structuré et d'une absence de signal fort capable d'annoncer l'identité de la ville. Pourtant, elle offre un potentiel significatif pour améliorer l'image d'accueil de Guelma, notamment à travers des interventions architecturales et paysagères ciblées. La requalification de cette entrée pourrait permettre d'instaurer une transition harmonieuse entre les zones périphériques et le centre urbain, tout en affirmant l'identité touristique et curative de la ville. Cette partie s'intéresse donc aux enjeux d'aménagement urbain liés à la perception de la ville par ses visiteurs et ses habitants, et propose des pistes pour renforcer l'attractivité et la lisibilité de cette entrée stratégique.

II.8. Analyse des exemples

II.8.1. Exemple 01 : Complexe touristique Monterey Bay Shores – California

II.8.1.1. Présentation du projet

Architecte : Edward Ghandour.

Date : au début 2011

Surface : 19 ha

Situation : Monterey bay Californie, USA



Figure II.1 Monterey Bay Shores Eco Resort (Arch Daily)

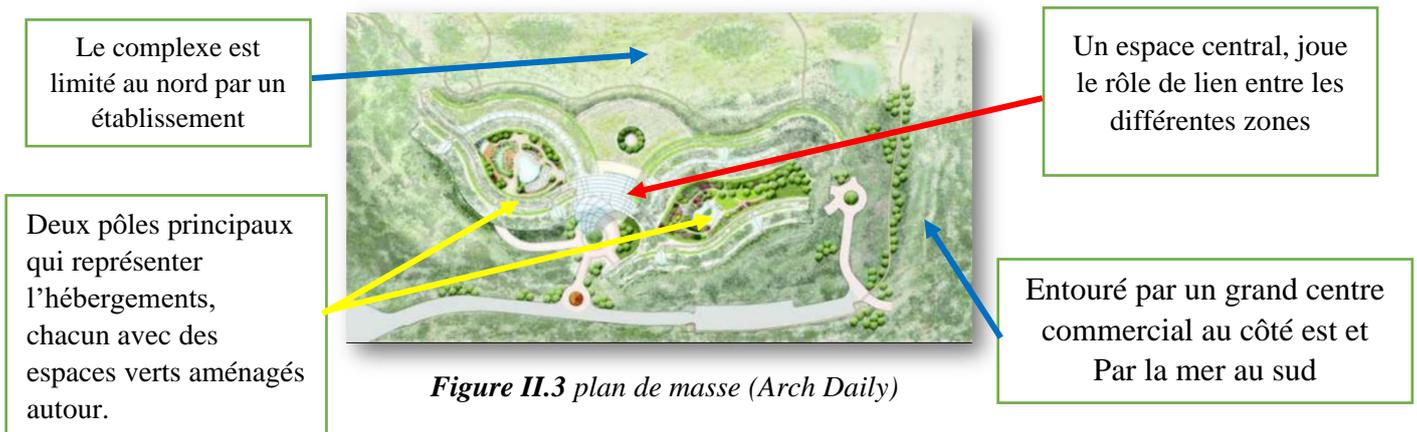
II.8.1.2. Situation

Le site de la baie de Monterey eco-shores resort situé sur une mine de sable défunte dans la ville de Monterey baie à California



Figure II.2 situation de Monterey Bay (Google Map)

II.8.1.3. Plan de masse / Environnement immédiat :



II.8.1.4. Accessibilité

Circulation mécanique :

Implantation du parking au sous-sol

Circulation piétonne :

Des parcours en forme courbes

Pour créer une promenade dans le projet et faciliter l'accessibilité

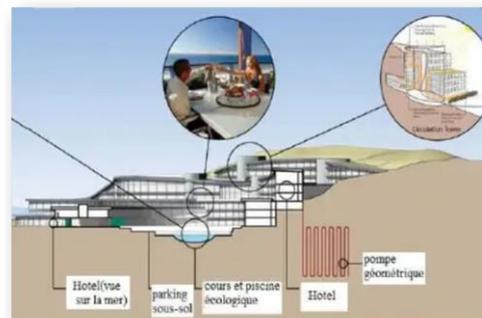


Figure II.4 circulation mécanique et piétonne

(inhabitat.com/)

Les concepteurs ont introduit 3 accès :

- * Un accès principal au complexe implanté au centre du projet.
- * 2 accès au sous-sol menant directement au parking.
- * Un accès à partir de la plage



Figure II.5 accessibilité de projet (Arch Daily)

II.8.1.5. Eléments de conception

A : principe d'implantation

*Implantation du restaurant et la réception entre l'hôtel et les résidences (centre de complexe)

* Implantation du SPA et pavillon de yoga au centre de la station et de la mer

*Implantation de l'hôtel près de la mer

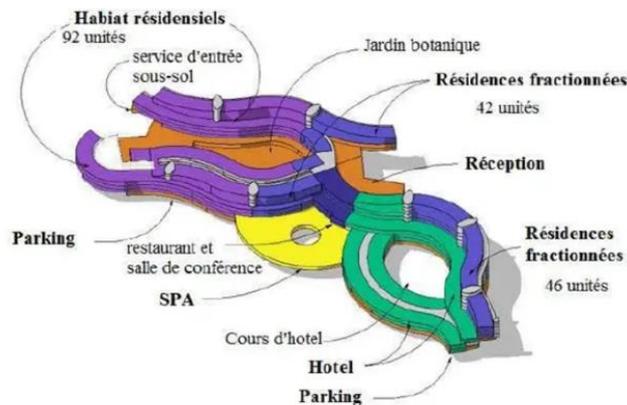


Figure II.6 principe d'implantation du projet (inhabitat.com)

B : conception et forme

Le projet a été intégré harmonieusement avec le site naturel à travers :

- Les formes courbées qui sont inspirées à partir les vagues.
- Ces formes suivent la morphologie des dunes et la direction du vent.
- Respecter l'échelle humaine (hauteurs réduites).
- Harmoniser avec la forme de terrain



Figure II.7 forme du projet (Arch Daily)

C : Façade

*la création d'une façade urbaine transparente afin d'avoir une continuité entre l'intérieur et l'extérieur.

*L'implantation en gradins suivant les reliefs afin de profiter au maximum des vues panoramiques.

*Utilisation des formes fluides et des murs rideaux afin d'optimiser la lumière du jour

*L'utilisation des murs végétaux et toits jardins

*Utilisation des vitrage et béton dans la façade

*La texture de la façade est lisse



Figure II.8 Façade du projet (Arch Daily)

II.8.1.6. Aspect écologique

- *Le complexe possède de nombreuses caractéristiques de conception durable :
- * L'utilisation des énergies renouvelables éolienne et solaire
- *Intégrer ventilation naturelle, l'éclairage naturelle, et le traitement d'eau

II.8.1.7. Eléments de fonctionnement

A : Principe d'organisation spatiale

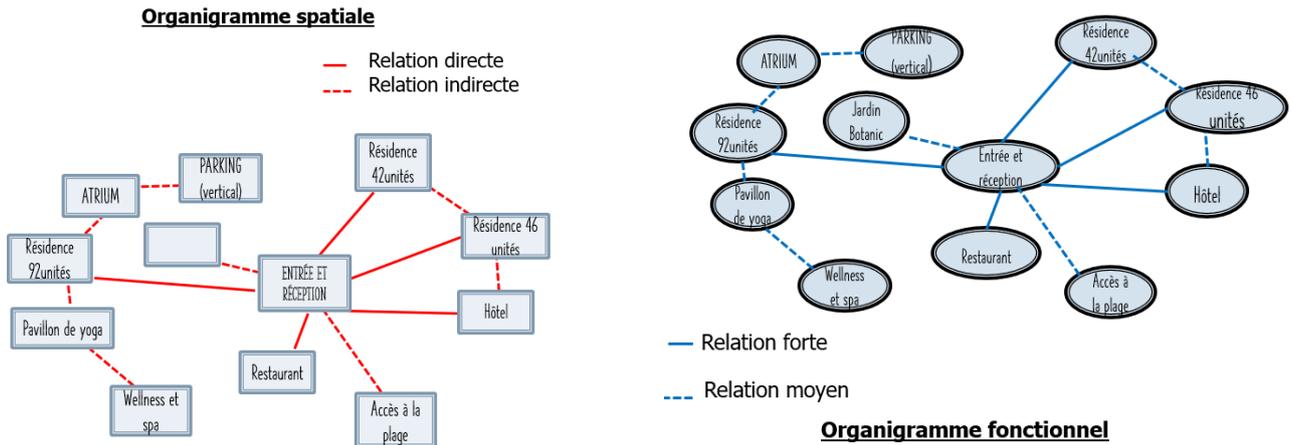


Figure II.9 Organigramme spatiale et fonctionnel du complexe Monterey Bay

B : Présentation des plans

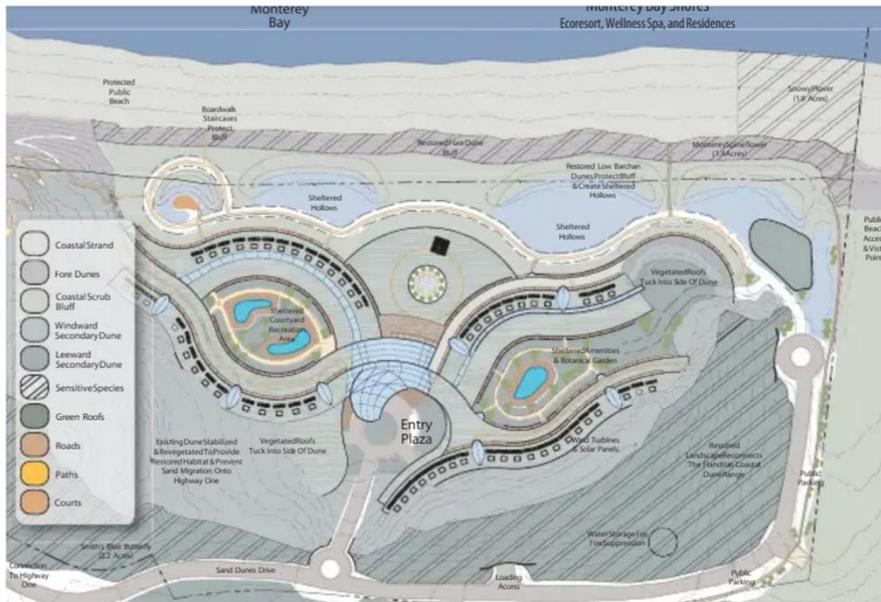


Figure II.10 plan de Monterey Bay (Arch Daily)

- Ce plan montre un projet mixte intégrant différentes fonctions architecturales

II.8.1.8. Programme

Entités	Espaces	Fonctions	surfaces
hébergement	Hôtel (161chambres)	hébergement	35 m ²
	Résidences fractionnées(46 unités)		60 m ²
	Résidences fractionnées(42 unités)		60 m ²
	Résidences fractionnées(92 unités)		60 m ²
Restauration	Restaurant	Consommation	80 m ²
	Cafétéria		100 m ²
administration	Réception	Réception	35 m ²
	Salle de conférence	Réunion	50 m ²
Loisir et sport	Piscine biologique	loisir	100 m ²
	Pavillon de yoga		50 m ²
service	parking	stationnement	100 m ²
	Parking sous sol		100 m ²
Espace de détente	Jardin botanique	détente	150 m ²

*Tableau II.1 Programme du Monterey Bey(Arch Daily)***II.8.1.9. Synthèse**

Le complexe s'appuie sur des sources d'énergie renouvelables, comme l'énergie solaire et éolienne.

Utilisation de matériaux locaux et recyclés pour minimiser l'empreinte carbone.

Style d'architecture organique et moderne

Une architecture en harmonie avec le paysage

II.8.2. Exemple 02 : complexe touristique les andalouses - Oran**II.8.2.1. Présentation du projet**

Architect concepteur : Fernand Pouillon.

Date de réalisation : Année 1973.

Assiette foncière du complexe : 20 ha

Situation : Oran, Algérie



Figure II.11 complexe touristique les andalouses (complexe écotouristique .pptx)

II.8.2.2. Situation

Une station balnéaire à 25km à l'ouest de la ville Oran et à 34 KM de l'aéroport international d'Oran



Figure II.12 Situation des andalouses (Map)

Les Andalouses représentent le premier grand complexe touristique de l'Ouest, situé sur la corniche ouest Oran.

II.8.2.3. Plan de masse / Environnement immédiat

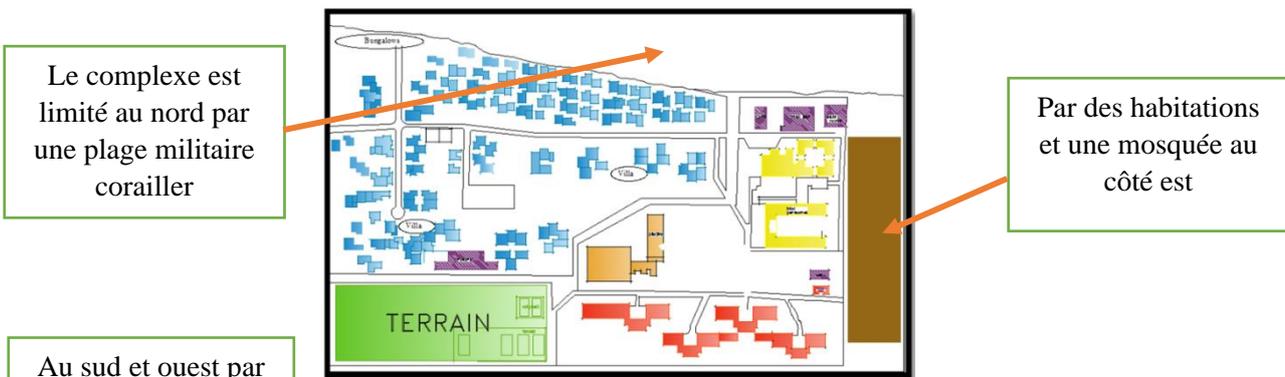


Figure II.13 Plan de masse (Complexe ecotouristique.pptx)

- L'implantation du pôle Hébergement près de la mer
- L'implantation des bungalows près de la mer
- Le pôle de loisir au centre
- pole récréatif à l'arrière.

II.8.2.4. Accessibilité

L'architecte a introduit deux accès :

- *Elargir les intersections pour une meilleure articulation de la circulation.
- *Création des places à l'intérieur afin d'aérer le complexe.
- *Hiérarchiser la circulation piétonne

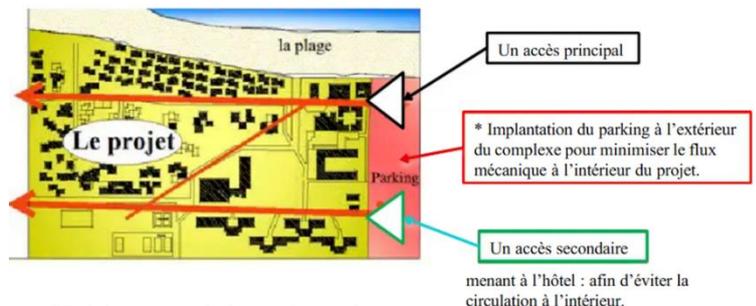


Figure II.14 accessibilité (Complexe ecotouristique.pptx)

II.8.2.5. Eléments de conception

A : Principe de découpage

L'architecte a devisé le complexe en 3 parties par 2 axes, et relié entre eux par un autre axe incliné.

Eliminer la profondeur des îlots.

- Relier entre les trois parties

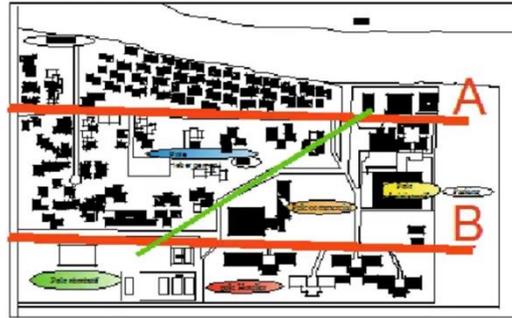


Figure II. 15 Principe de découpage

(Complexe ecotouristique.pptx)

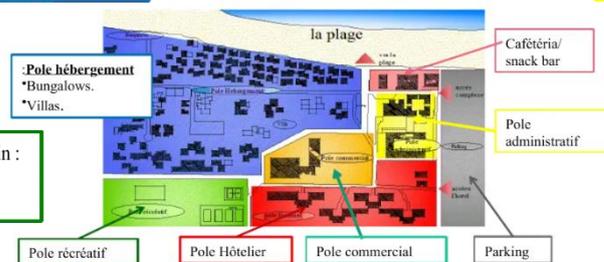
B : Principe d'implantation

1) Implantation du **pole d'hébergement** près de la mer pour :
 - Bénéficier d'une vue panoramique vers la mer.
 - Faciliter l'accessibilité à la plage.

2) Implantation du **pole administratif** à l'entrée du projet pour :
 - Eliminer la circulation des visiteurs à l'intérieur du complexe.
 - Créer un accès direct et rapide pour l'administration.

5) Implantation du **pole récréatif** à l'arrière afin :
 - S'éloigner par rapport au flux.
 - Créer un équilibre fonctionnel.

3) Implantation centrale du **pole commerciale** pour :
 - Faciliter l'accessibilité des locataires.



4) Implantation du **pole hôtelier** à l'entrée du complexe pour :
 - Créer un accès direct.
 - Eviter l'encombrement à l'intérieur du complexe.

Figure II.16 Principe d'implantation (Complexe ecotouristique.pptx)

C : Façade :

La couleur blanche présente dans tout le projet exprime le calme et la quiétude.

Le complexe se représente comme une juxtaposition

Encadrement des vues par des espaces étroits qui donne vers un espace large et perspective.

Implantation dispersée des bungalows pour :
 La création d'une façade urbaine.
 Créer une variation d'ambiance.
 Utilisation des hauteurs réduites afin de respecter l'échelle humaine.

La pierre naturelle pour le revêtement du sol.

La structure : les bâtiments du projet sont en structure traditionnel (poteaux poutres).

II.8.2.6. Eléments de fonctionnement

A : Principe d'organisation spatiale

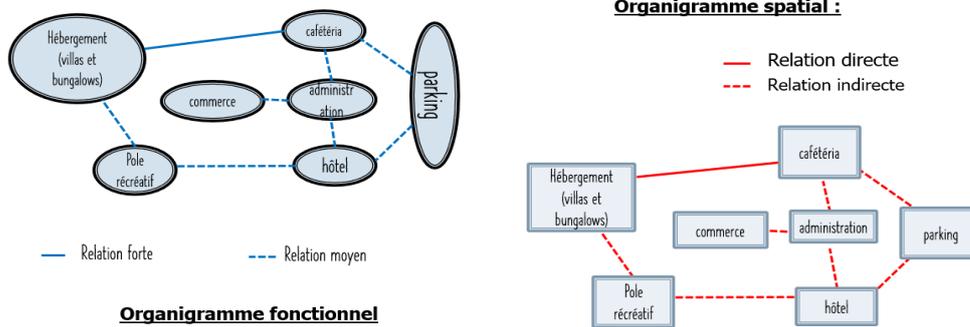


Figure II.17 Organigramme spatiale et fonctionnel du complexe les andalouses

II.8.2.7. Programme

Entités	Espaces	Fonctions	surfaces
hébergement	Hôtel (402)	hébergement	25-35 m ²
	Villas(50)		50-60 m ²
	Bungalows (125)		100-150 m ²
cafétéria	cafétéria	Consommation	100 m ²
administration	Réception	Gestion et direction	20 m ²
	Direction		30 m ²
	gestion		30m ²
	Salle de conférence(250p)		45m ²
	Salle de commission (300p)		50m ²
Loisir et sport	Piscine olympique	loisir	150 m ²
	Cour de tennis		100 m ²
	Terrain de golf		100 m ²
	Night club		30 m ²
	Cyber café		30 m ²
service	Parking (100p)	Stationnement	300 m ²
	Garderie d'enfant	garderie	20 m ²
Commerce	Centre commercial	Commerce	100 m ²

Tableau II. 2 Programme du complexe touristique les andalouses

II.8.2.8. Synthèse

- *La présence de végétation pour le complexe (aspect environnemental).
- *Pouillon a repris quelques principes de la Médina (l'étroitement des voies et les espaces semi-privé) pour permettre les échanges sociaux entre les usagers (aspect social).
- *Le complexe représente une parfaite synthèse entre l'architecture andalouse et des éléments d'architecture contemporains
- *L'utilisation de la couleur blanche dans les façades et les matériaux locaux
- *Le volume est une juxtaposition d'éléments

II.8.3. Exemple 03 : Le village touristique “phare de plage” à l’Australie :

II.8.3.1. Situation

Le village de vacances "phare de plage" est situé au bord Sud du port de Macquarie à l’Australie près de la ville de Sydney



Figure II.18 Le village touristique phare de plage (Google earth)

II.8.3.2. Plan de masse

Le plan de masse se compose en deux parties :

Une partie centrale comporte les services généraux (gestion, café, ...).

- La partie périphérique comporte l’hébergement (des bungalows en plusieurs types),
- L’hébergement est éloigné du centre pour chercher évidemment le calme.

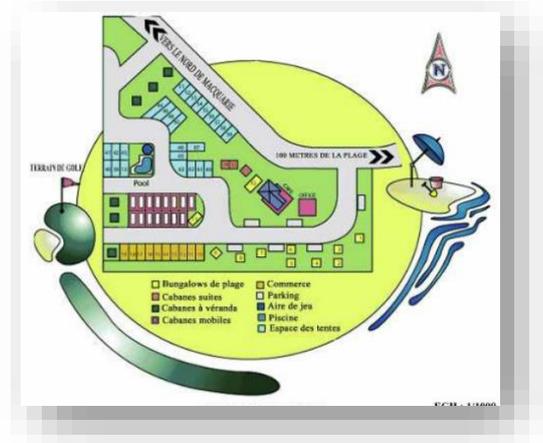


Figure II.19 Plan de masse du village touristique

II.8.3.3. Environnement immédiat

Le complexe est entouré par :

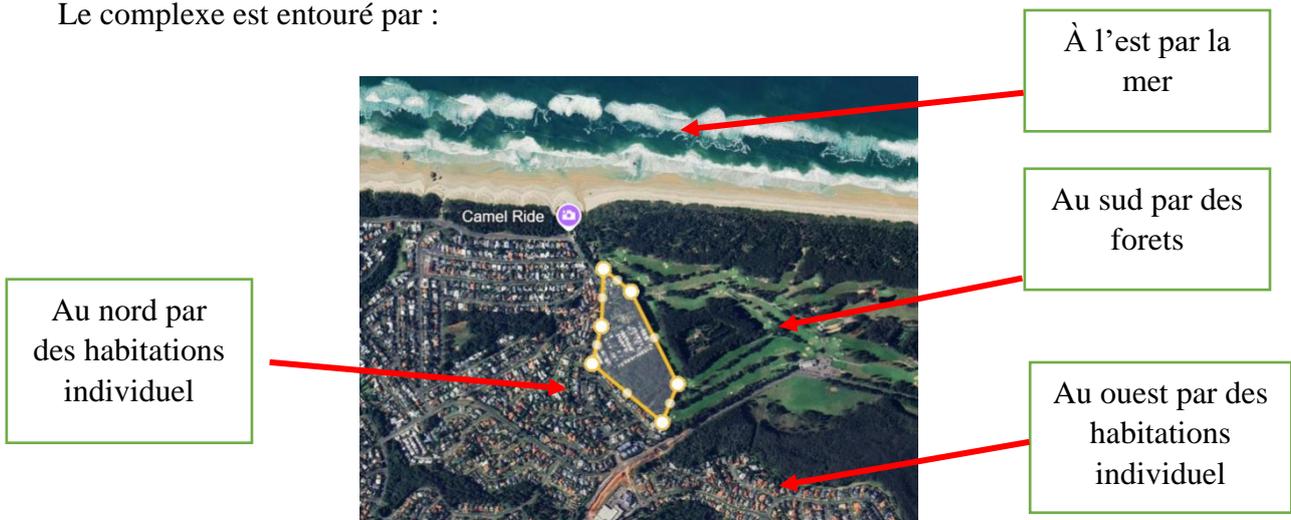


Figure II.20 Environnement immédiat (Google earth)

II.8.3.4. Accessibilité

Le projet est accessible par un accès principal

Un accès vers la plage et un autre vers le terrain de golf

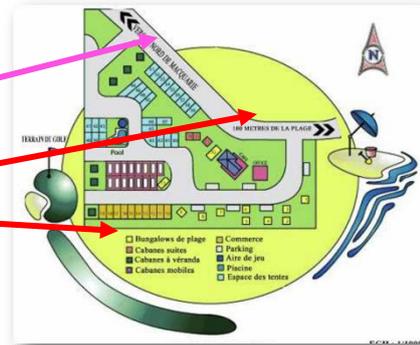


Figure II.21 Accessibilité du complexe

II.8.3.5. Principe d'implantation

*Le premier principe est basé sur la centralisation de l'espace des services généraux qui est un espace de regroupement et de liaison entre les différentes parties de la périphérie.

*Les parkings sont organisés près du centre pour le profit.

*Rapprochement des espaces de jeux des enfants et

l'hébergement pour assurer la surveillance et favoriser

le contact entre groupe.

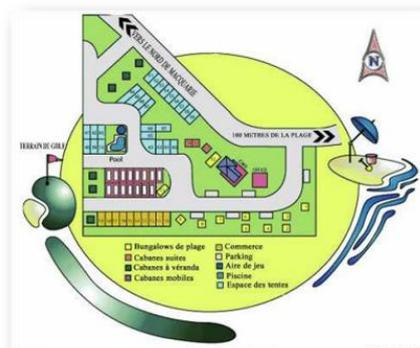
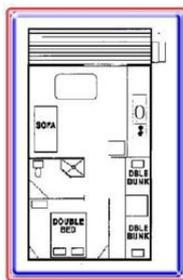


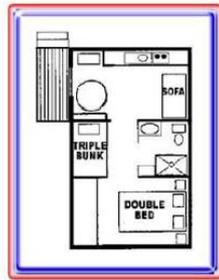
Figure II.22 Principe d'implantation du complexe

II.8.3.6. Etude du bungalow

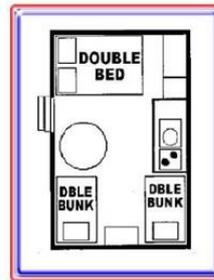
Il Ya 4 types des bungalows :



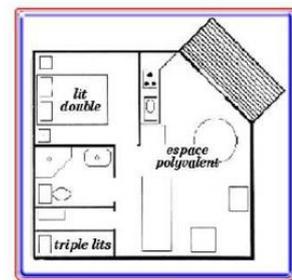
Plan du Bungalow de véranda



Plan du Bungalow suite



Plan de la cabane



Plan du Bungalow de plage

Figure II.23 Types des bungalows du village touristique

II.8.3.7. Eléments de fonctionnement

A : Principe d'organisation spatiale

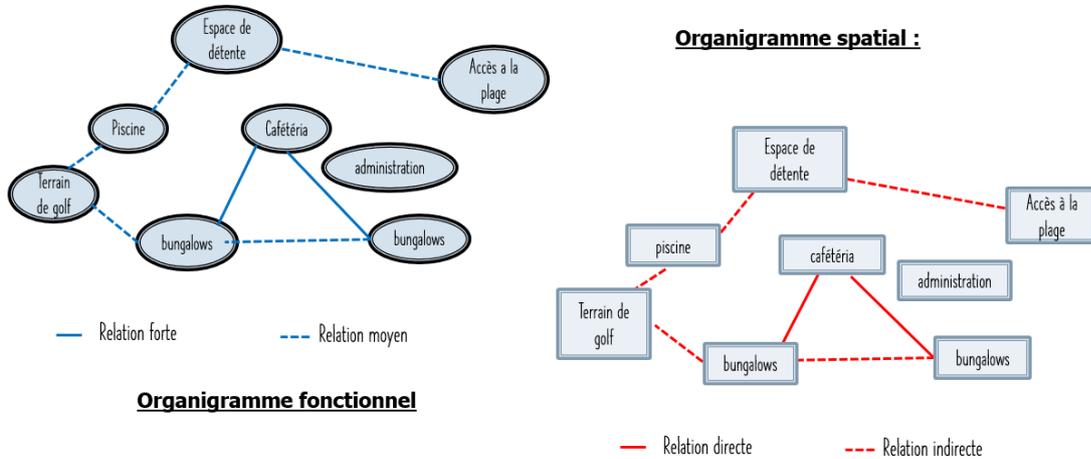


Figure II.24 Organigramme spatiale et fonctionnel du village touristique

II.8.3.8 Programme

Entités	Espaces	Fonctions	surfaces
hébergement	Bungalow de plage	Hébergement	38,64 m ²
	Bungalow de véranda		64 m ²
	Bungalow Suits		25,4 m ²
	cabane		18,55 m ²
cafétéria	cafétéria	Consommation	100 m ²
administration	directeur	Gestion	70 m ²
Espaces aménagés	Espace pour enfant	Détente	20 m ²
	Espace aménagé		400 m ²
Service	Parking	Stationnement	200 m ²
Loisir	Terrain de golf	Espace de jeux	100 m ²
	Piscine		100 m ²

Tableau II. 3 Programme de village touristique

II.8.3.9. Synthèse

L'accessibilité de projet

Intégration de projet avec son environnement

L'utilisation des matériaux locaux.

Le style d'architecture moderne utilisé dans le projet

II.8.4. Synthèse globale

- Utilisation d'énergies renouvelables : solaire et éolienne.
- Matériaux locaux et recyclés pour réduire l'empreinte carbone.
- Intégration harmonieuse dans le paysage naturel.
- Bonne combinaison entre esthétique, durabilité et fonctionnalité.
- Projet adapté aux enjeux environnementaux et culturels actuels.

II.8.5. Programme proposé

espace	surface	entités	espace	surface	entités
Hôtel	20-30m ²	Hébergement	parking	200m ²	service
Bungalows	80 m ²		Chaufferie	50m ²	
Cafétéria	200m ²	restauration	Climatisation	50m ²	
Restaurant	300m ²		dépôt	50m ²	
Secrétaire	20m ²	Administration	Boutiques	50m ²	Commerce
Directeur	30m ²		Infirmierie	30m ²	Autres espaces
Gestion	25m ²		Espace de regroupement	100m ²	
comptable	30 m ²		Réception	20m ²	Accueil
Salle de conférence	50m ²		Bureau	20m ²	
Salle de réunion	40m ²		Hall d'accueil	50m ²	
Piscine	200m ²	Loisirs	Espace de détente	50m ²	Bien être
Terrain de tennis	200m ²		Salle de relaxation	60m ²	
Salle des jeux	100m ²		SPA et massage	150m ²	
Cyber café	50m ²		Salle thérapeutique	120m ²	
Cinéma	25 m ²		Piscine intérieur	120m ²	
Espace pour enfant	25m ²				

Tableau II. 4 Tableau du programme proposé (Auteur,2025)

Chapitre III:
**Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle
urbaine et architecturale**

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

III.1 Introduction

L'architecture contemporaine intègre de plus en plus des préoccupations liées à la qualité de l'environnement intérieur. Parmi les composantes essentielles du bien-être des usagers figurent le confort thermique et visuel. Ces deux éléments conditionnent la perception des espaces, l'efficacité énergétique des bâtiments, et influencent même la santé et la productivité des occupants. L'optimisation de ces facteurs passe aujourd'hui par des outils de simulation puissants, capables de prédire et d'illustrer les conditions de confort dans les projets, à l'échelle du bâtiment comme à l'échelle urbaine.

III.2 L'évaluation de l'éclairage naturel

L'éclairage naturel représente une ressource énergétique gratuite et renouvelable, qui contribue à la fois au confort visuel et à la réduction de la consommation d'énergie liée à l'éclairage artificiel. Son évaluation repose sur des indicateurs tels que le facteur de lumière du jour (FLJ), la luminance, l'éblouissement (UGR), ou encore l'autonomie en lumière naturelle (DA, sDA).

III.3 Les objectifs

L'évaluation de l'éclairage naturel vise principalement à :

- Améliorer la qualité visuelle des espaces intérieurs ;
- Réduire la dépendance à l'éclairage artificiel ;
- Optimiser l'orientation et la morphologie du bâtiment ;
- Minimiser l'éblouissement et les surchauffes en été.

III.4 Programmation

Dans la phase de programmation, l'analyse de l'éclairage naturel joue un rôle déterminant dans la définition des exigences qualitatives et quantitatives propres à chaque espace. Elle permet de fixer des objectifs en termes de niveaux d'éclairement, d'uniformité, et de confort visuel, adaptés aux usages prévus. Cette analyse influence directement le choix des dimensions et de l'orientation des baies vitrées, le type et la

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale
configuration des dispositifs de protection solaire, ainsi que la répartition fonctionnelle des pièces dans le bâtiment, afin d'optimiser l'apport lumineux naturel tout en maîtrisant les risques d'éblouissement et de surchauffe. Par exemple, les espaces nécessitant un éclairage constant et diffus, comme les bureaux, les salles de lecture ou les chambres d'hôtel, seront idéalement orientés vers le nord ou protégés par des dispositifs diffusants. À l'inverse, les zones de transition ou les circulations peuvent tolérer des variations plus importantes de lumière naturelle, permettant ainsi une plus grande liberté dans leur implantation.

L'étude de l'ensoleillement et des ombres portées à cette étape permet également d'anticiper les conflits d'usage ou les inconforts potentiels, en particulier dans les zones exposées au sud ou à l'ouest. Des outils de simulation peuvent alors être mobilisés dès la programmation pour évaluer différentes hypothèses architecturales, et guider les choix relatifs à la hauteur sous plafond, à la profondeur des pièces, ou à l'ajout de dispositifs réfléchissants ou tamisant (puits de lumière, claustras, brise-soleil, etc.).

Enfin, cette démarche permet de fixer des seuils de performance dès les premières esquisses, en cohérence avec les objectifs environnementaux du projet (comme l'atteinte d'une certification HQE, BREEAM ou LEED), tout en assurant un confort lumineux adapté aux usagers. En ce sens, l'analyse de l'éclairage naturel devient un outil d'aide à la décision architecturale dès la genèse du projet.

III.5 Les techniques d'évaluation

Les principales techniques reposent sur :

- L'analyse de site (luminance, luxmètres, caméras HDR) ;
- Les maquettes physiques (héliodon, boîte à lumière) ;
- La simulation numérique (logiciels spécialisés).

C'est cette dernière approche qui s'est imposée comme la plus efficace pour anticiper les performances avant construction.

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

III.6 La simulation à l'échelle urbaine et architecturale :

L'intégration de la simulation numérique dans la phase de programmation permet une évaluation fine de l'éclairage naturel, à la fois à l'échelle du bâtiment et dans son environnement urbain. Cette double échelle est essentielle pour comprendre les interactions entre le projet architectural et son contexte immédiat (morphologie urbaine, hauteur des bâtiments voisins, orientation des rues, densité construite, etc.).

À l'échelle **urbaine**, la simulation permet d'évaluer les ombres portées générées par le tissu environnant, d'analyser les corridors solaires, ou encore de mesurer le potentiel d'ensoleillement des différentes parcelles. Elle aide ainsi à identifier les zones favorables à l'implantation de fonctions nécessitant un bon éclairage naturel. Des logiciels comme ENVIMET, Rhino/Grasshopper avec Ladybug Tools, ou CitySim permettent de simuler des scénarios complexes intégrant des paramètres climatiques locaux, des géométries 3D précises, et des données horaires.

À l'échelle **architecturale**, la simulation sert à évaluer la pénétration réelle de la lumière à l'intérieur des espaces. Elle permet de mesurer des indicateurs tels que le Facteur de Lumière du Jour (FLJ), la Daylight Autonomy (DA) ou l'Uniformity Ratio, qui renseignent sur la qualité de l'éclairage en conditions réelles d'usage. Ces simulations orientent la conception des ouvertures (forme, dimensions, position), des dispositifs de protection solaire, et de la distribution des pièces. Elles permettent également d'anticiper les besoins en éclairage artificiel complémentaire, dans une logique de performance énergétique et de confort visuel.

En combinant ces deux niveaux d'analyse, la simulation devient un outil stratégique de conception, capable de guider des choix déterminants dès les premières phases du projet. Elle renforce l'approche bioclimatique et permet de concilier exigences environnementales, contraintes du site, et confort des usagers.

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

III.6.1 Définition de la simulation

La **simulation numérique** est une méthode d'analyse prédictive qui permet de modéliser un bâtiment, d'y appliquer des conditions climatiques, et d'en évaluer les réponses en termes de confort thermique et de performance énergétique. Elle repose sur des logiciels qui prennent en compte la géométrie, les matériaux, le climat local et les usages. Les résultats, basés sur des indicateurs comme le PMV et le PPD, aident à optimiser la conception bioclimatique. Couplée à des outils comme ENVI-met, elle permet aussi d'étudier l'influence du microclimat urbain.

III.6.2 Objectifs de la simulation

La simulation vise à :

- **Identifier les zones de surchauffe ou d'inconfort thermique** : en analysant les températures intérieures, les flux de chaleur et les indices de confort, il est possible de localiser les espaces où le confort des usagers pourrait être compromis, notamment en période estivale.
- **Tester différentes options de conception** : orientation du bâtiment, configuration des ouvertures, choix des matériaux, dispositifs d'ombrage, ventilation naturelle, etc. Chaque variante peut être simulée pour en comparer les performances thermiques.
- **Prédire les performances énergétiques à l'année** : les logiciels permettent de simuler les besoins de chauffage, de refroidissement et de ventilation sur une base horaire ou annuelle, ce qui aide à estimer la consommation énergétique et les impacts environnementaux.
- **Aider à la prise de décision dès les phases initiales du projet** : en fournissant des données objectives sur le comportement thermique du bâtiment, la simulation guide les architectes, ingénieurs et maîtres d'ouvrage vers des choix plus efficaces, durables et adaptés au contexte climatique.

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

III.7 Les méthodes de simulation

- **La simulation thermique dynamique (STD)** : elle permet de modéliser l'évolution des températures et des échanges thermiques dans le temps, en tenant compte des apports solaires, des matériaux, de l'occupation, et des systèmes de chauffage/refroidissement.
- **La simulation d'éclairage naturel** : réalisée à l'aide de logiciels comme Radiance, DIALux ou VELUX Daylight Visualizer, elle permet d'analyser la pénétration de la lumière naturelle dans les espaces, d'évaluer les niveaux d'éclairement et de détecter les risques d'éblouissement.
- **Les logiciels intégrés** (tels que DesignBuilder, IES VE, ou Open Studio) : ils combinent plusieurs modules (thermique, éclairage, ventilation, consommation énergétique) dans une même interface, facilitant l'analyse multidisciplinaire et la prise de décision en phase de conception.
- **Les modèles microclimatiques**, comme **ENVI-met** : ils simulent les interactions entre le bâtiment et son environnement urbain (effet d'îlot de chaleur, ombrage, végétation, vent, humidité), et sont particulièrement utiles pour les projets à l'échelle du quartier ou dans une approche bioclimatique.

III.8 Méthode de simulation du confort thermique :

a. Simulation dynamique thermique (SDT)

*Utilise des logiciels pour simuler l'évolution des conditions thermiques dans le temps.

*Tient compte des gains internes (occupants, équipements), apports solaires, ventilation, inertie thermique, etc. Logiciels courants :

- **EnergyPlus** (via Open Studio, DesignBuilder, etc.)
- **TRNSYS**
- **IDA ICE**
- **IES VE**
- **CODYRUN** (spécifique aux climats tropicaux)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

b. Simulation microclimatique urbaine

Permet d'évaluer l'impact de la morphologie urbaine, de la végétation, des matériaux, etc., sur le microclimat local.

Logiciel principal :

- **ENVI-met** : simule le climat à petite échelle en 3D (température, vent, humidité, rayonnement, etc.)

III.8.1 Intégration de l'approche paramétrique pour améliorer le confort intérieur

L'intégration de l'approche paramétrique dans la conception des bâtiments est devenue une stratégie incontournable pour améliorer le confort intérieur. Cette méthode permet d'optimiser la performance du bâtiment en tenant compte de multiples variables liées aux conditions environnementales, telles que la température, la lumière naturelle et la ventilation. Selon (Méndez Echenagucia et al.2015), l'approche paramétrique offre une flexibilité accrue en modélisant des scénarios complexes, permettant ainsi de tester et d'ajuster des paramètres de conception pour maximiser le confort thermique et visuel.

III.8.2 Simulation du Confort Visuel et Thermique via le Design Paramétrique.

La simulation du confort visuel et thermique à travers le design paramétrique représente une approche cruciale pour développer des espaces résidentiels qui soutiennent le bien-être des occupants. En utilisant des outils de modélisation avancés, les architectes peuvent analyser et ajuster divers paramètres influençant l'éclairage naturel et la température intérieure. Comme le souligne (Méndez Echenagucia et al.2015), cette méthode permet d'anticiper les effets des choix architecturaux sur le confort des usagers. Des logiciels de design paramétrique tels que Grasshopper facilitent l'exploration de différentes configurations architecturales, simulant les interactions entre lumière et chaleur. Une étude de (Zhao et al.2022) met en lumière l'importance d'une orientation réfléchie des fenêtres pour maximiser l'apport de lumière naturelle tout en réduisant les risques de surchauffe. De plus, l'utilisation de vitrages à faible émissivité joue un rôle clé dans la régulation des échanges thermiques, favorisant ainsi un équilibre entre confort visuel et thermique (Mardaljevic et al. 2009).

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

L'intégration de systèmes d'ombrage, tels que des brise-soleils ou des auvents, est également essentielle pour contrôler l'éblouissement tout en maintenant une luminosité agréable. (Nadji Maachi et al.2019) a démontré que ces dispositifs ne se contentent pas d'améliorer le confort visuel, mais contribuent également à diminuer les besoins en climatisation, optimisant ainsi la consommation énergétique. Par ailleurs, l'approche paramétrique permet de simuler différents scénarios saisonniers et horaires, garantissant un niveau de confort stable tout au long de l'année. Une recherche menée par (Nguyen et al.2012) illustre que l'analyse des variations climatiques dans les simulations peut significativement améliorer l'efficacité énergétique d'un bâtiment, tout en assurant un éclairage intérieur optimal. Ainsi, la simulation du confort visuel et thermique via le design paramétrique offre une solution équilibrée, alliant performance énergétique et bien-être des occupants. En ajustant constamment les paramètres de conception, cette approche promeut une gestion durable des ressources, tout en améliorant la qualité de vie dans les espaces résidentiels, qui présentent leurs propres complexités et limites en matière de conception.

III.8.3 Climat, données et analyse

L'analyse thermique commence par la collecte de données climatiques : fichiers météorologiques (fichier EPW, TMY), température, humidité relative, rayonnement solaire, vent. Ces données sont intégrées dans le modèle pour reproduire fidèlement les conditions environnementales.

III.8.4 Accès solaire et ombrages

L'accès au soleil influence directement la température intérieure et le confort thermique. La simulation permet d'évaluer les zones d'ombre, les masques solaires (bâtiments voisins, arbres), et d'optimiser l'implantation et l'orientation du bâtiment.

III.8.5 Éclairage naturel / artificiel

Le confort thermique est aussi lié à l'éclairage : l'éclairage naturel réduit les apports de chaleur internes (chauffage artificiel), mais peut entraîner une surchauffe si mal maîtrisée. L'équilibre entre apports solaires utiles et protections solaires est essentiel.

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

III.9 Méthode de la simulation

L'objectif de cette phase est d'analyser l'impact des facteurs de forme urbains sur le confort thermique extérieur. Le processus de modélisation et de simulation du microclimat, qui s'est déroulé les 29 mai 2025, a été généré à l'aide de la dernière version du logiciel ENVI-met (ENVI-met 5.7.2), qui facilite la préparation des données et la configuration du modèle. Le flux de travail général de modélisation et de simulation via ENVI-met, présenté à la figure 1, illustre l'utilisation de paramètres de zone et de données météorologiques comme données d'entrée pour le modèle ENVI-met. Ces données d'entrée comprenaient une représentation bidimensionnelle dans un fichier bitmap (.bmp) de la zone d'étude, prétraitée dans le logiciel Auto-CAD à partir d'une vue de capture de données cartographiques. Le modèle bidimensionnel intégrait les formes et l'orientation des bâtiments, les canyons des rues et la répartition de la végétation selon une taille de grille spécifiée de 50x50x40 pixels/grille avec une résolution (Δx et Δy) de 2 m. Pour générer le modèle tridimensionnel, ENVI-met fournit un ensemble d'outils articulés permettant de définir divers éléments urbains, notamment la hauteur des bâtiments, les matériaux de construction des murs et des toitures, le tracé des rues, les espaces ouverts et une variété de types de plantes. Chacun de ces éléments a été choisi en fonction de l'environnement bâti de l'étude de cas. Suite au développement du modèle tridimensionnel, ENVI-met a généré un fichier de sortie de surface au format INX (ENVI-met Area Input File).

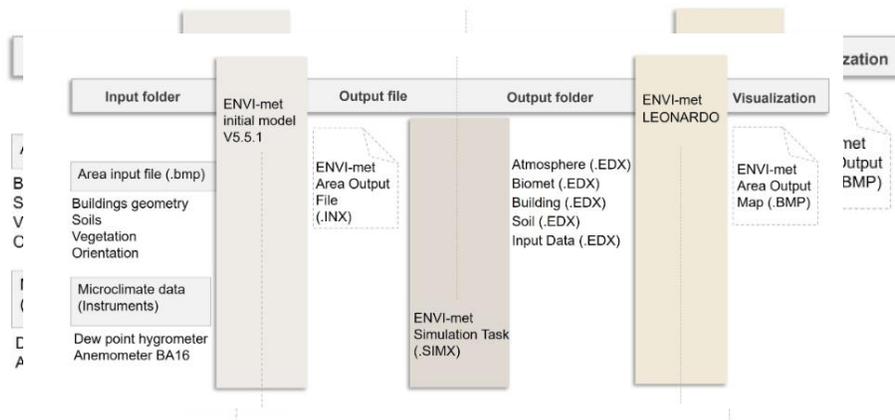


Figure III.1 Flux de travail général de modélisation et de simulation via ENVI-met (107Optimization of urban morphology to enhance outdoor thermal comfort: A microclimate analysis)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

III.10 La simulation de l'éclairage naturel

Elle permet de quantifier l'apport de lumière naturelle en fonction de différents scénarios, variant selon l'heure de la journée, la saison, ou l'orientation du bâtiment. Les résultats issus de la simulation servent à optimiser la conception architecturale, notamment dans le dimensionnement et le positionnement des ouvertures, le choix de dispositifs de protection solaire (brise-soleil, casquettes, stores), ainsi que la sélection des matériaux et finitions intérieures, qui influencent la réflexion et la diffusion de la lumière.

III.11 ENVI-met : Critères de choix

III.11.1 Les caractéristiques du logiciel

Le logiciel **ENVI-met** présente plusieurs caractéristiques clés qui en font un outil de référence pour l'analyse microclimatique urbaine :

- Il opère à une échelle spatiale fine, généralement comprise entre 1 et 10 mètres, ce qui permet une modélisation détaillée de l'environnement bâti et paysager.
- Son modèle repose sur des calculs CFD (Computational Fluid Dynamics), permettant de simuler avec précision les échanges thermiques, les mouvements de l'air et les interactions radiatives.
- Il intègre la végétation comme un élément actif du système, prenant en compte les processus de transpiration, d'ombrage et d'évaporation, essentiels pour l'analyse du confort thermique en milieu urbain.
- Les résultats peuvent être visualisés sous forme de cartes thermiques ou vectorielles, facilitant l'interprétation spatiale des données climatiques simulées.
- ENVI-met est largement utilisé dans les études d'îlots de chaleur urbains, de rafraîchissement passif et d'évaluation du confort thermique extérieur, notamment dans les projets de planification urbaine durable.

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

III.11.2 Les fonctions principales



Figure III.2 les fonctions du logiciels ENVIMET

***Gérer les projets**

Permet de créer, organiser, ouvrir ou supprimer des projets de simulation. C'est le point de départ pour structurer vos études (fichiers, dossiers, métadonnées, etc.).

***Importer depuis QGIS**

Facilite l'importation de données géospatiales (modèles urbains, végétation, topographie...) depuis QGIS afin de gagner du temps dans la modélisation.

***Éditer la zone du modèle**

Sert à dessiner ou modifier la géométrie 3D de votre site (bâtiments, rues, végétation...). C'est ici que vous concevez votre maillage spatial.

***Paramètres de simulation**

Permet de définir les conditions initiales (météo, durée, heure de début, conditions limites, etc.) avant de lancer la simulation.

***Démarrer la simulation**

Lance la simulation microclimatique avec les paramètres et le modèle définis. ENVI-met calcule alors les flux d'énergie, température, humidité, etc.

***Simuler le confort thermique**

Outil dédié à l'analyse du confort thermique humain (PMV, PET, UTCI...). Il permet d'évaluer comment les conditions affectent le bien-être des usagers.

***Visualiser les résultats**

Permet d'ouvrir les résultats (cartes, graphes) générés après la simulation : températures, flux, vitesses du vent, indices de confort, etc.

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

*Bibliothèque de matériaux et objets

Contient les propriétés thermiques et physiques des matériaux (murs, toitures, sols...) et objets urbains. Vous pouvez les consulter ou les modifier.

*Bibliothèque d'arbres

Recense différentes espèces végétales avec leurs caractéristiques (forme, densité de feuilles, évapotranspiration...). Sert à modéliser l'effet des végétaux.

III.11.3 Simulation en ENVI-met:

Application

Simulation performative du comportement thermique extérieurs

1. Choisissez l'emplacement

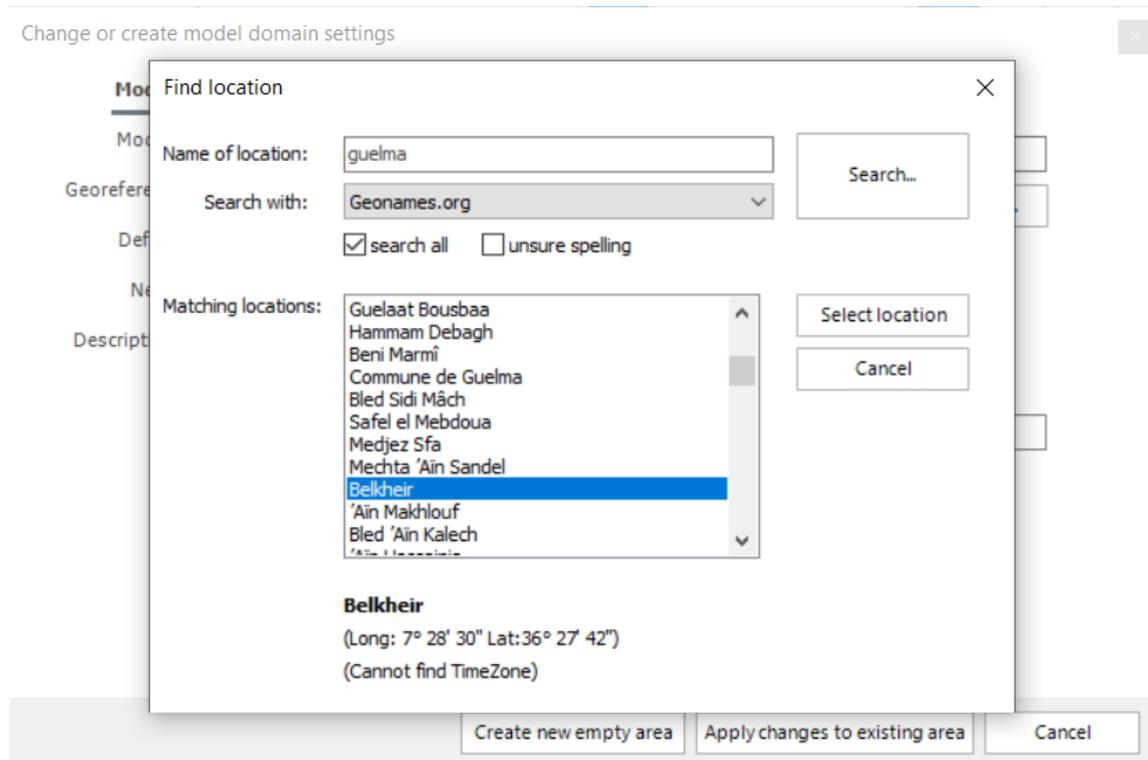


Figure III.3 La localisation du terrain (Auteur,2025)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

2. Ajuster les paramètres du modèle de grille

Change or create model domain settings

Model Location

Model Geometry

Georeference and DEM Level

Default Settings

Nesting Grids

Description and Copyrights

Model Dimensions:
x-Grids: y-Grids: z-Grids:

Size of grid cell in meter:
dx= dy= dz= (base height)

Method of vertical grid generation:
 dz of lowest gridbox is split into 5 subcells
 telescoping (dz increases with height)

Telescoping factor (%):

Start telescoping after height (m):

Model rotation out of grid north:

Maximum Model Size is 50x50x40 in ENVI-met LITE

Concept Design

Create new empty area Apply changes to existing area Cancel

Figure III.4 les paramètres du modèle (Auteur,2025)

3. Choisir les paramètres des matériaux

Change or create model domain settings

Model Location

Model Geometry

Georeference and DEM Level

Default Settings

Nesting Grids

Description and Copyrights

Default Settings for Walls and Roofs

Wall Material:

Roof Material:

Create new empty area Apply changes to existing area Cancel

Figure III.5 les paramètres des matériaux (Auteur ,2025)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

4. Créer un fichier (.bmp) à partir d'un modèle AutoCAD 2D

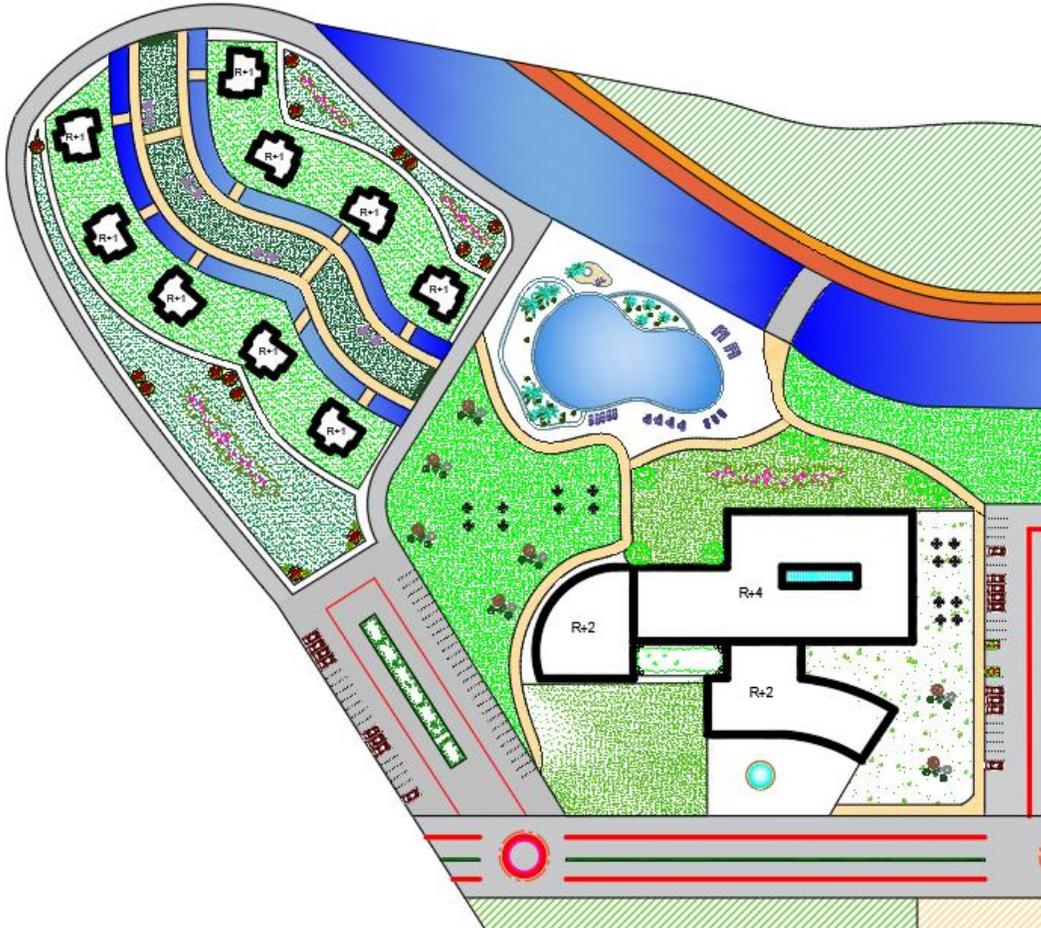


Figure III.6 Plan de masse du complexe touristique d'un modèle AutoCAD 2D (Auteur,2025)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

5. Importer la figure (.bmp) comme entrée pour l'outil ENVI-met spaces

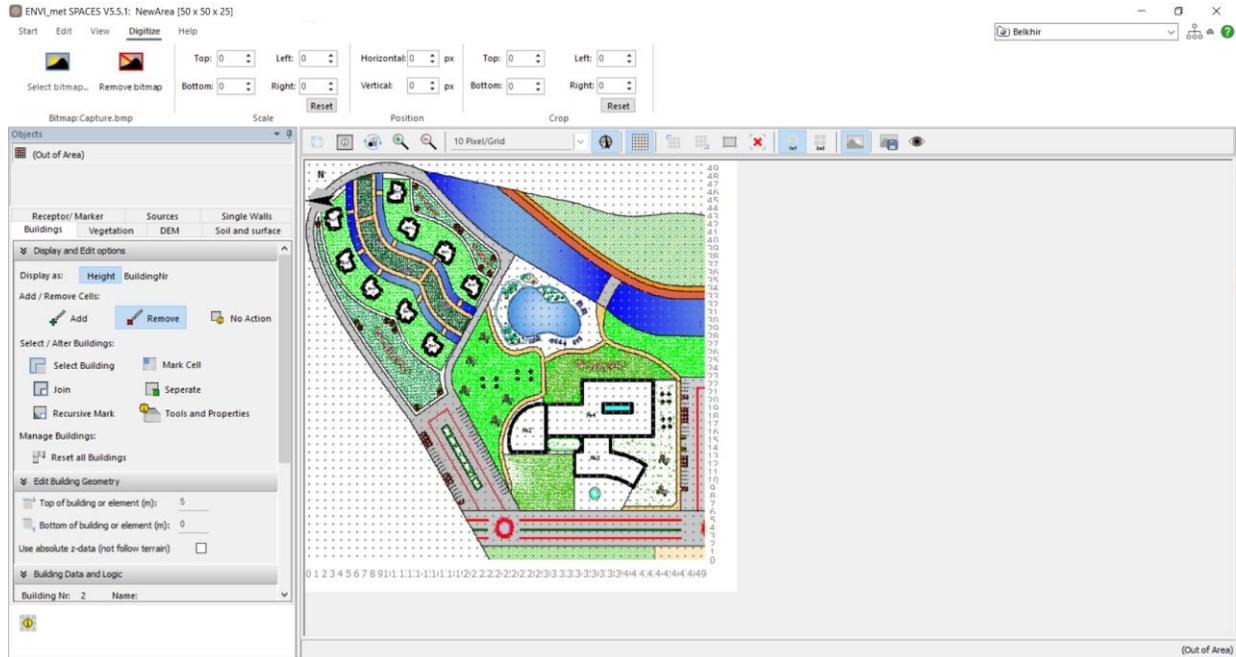


Figure III.7 la figure (.bmp) comme entrée pour ENVI-met (Auteur,2025)

6. Générez le modèle tridimensionnel à l'aide des paramètres du bâtiment, de la végétation et du sol

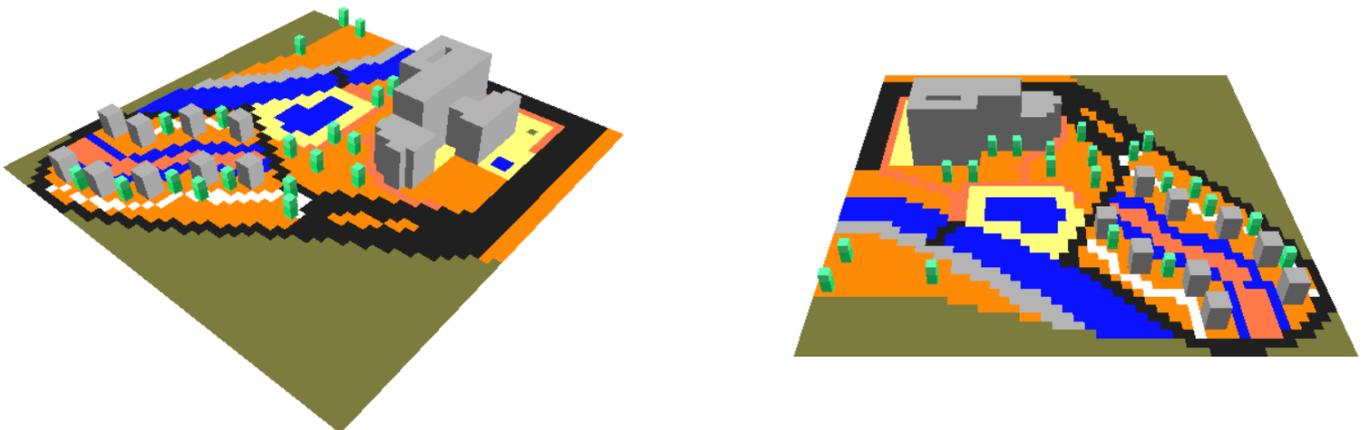


Figure III.8 Etape 6 de simulation vue devant et derrière (Auteur,2025)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

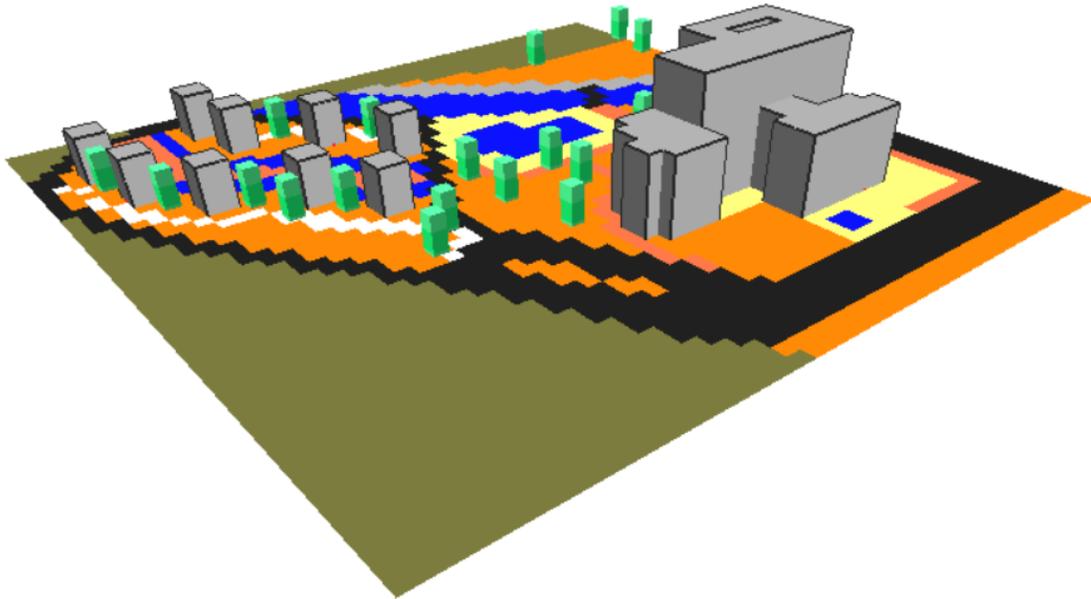


Figure III.9 Etape 6 de simulation (Auteur,2025)



Figure III.10 Etape 6 de simulation Vue de dessus (Auteur,2025)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

7. Exporter la figure (INX) en tant que sortie pour l'outil de guide ENVI-met



Figure III.11 la figure (INX) en tant que sortie pour l'outil de guide ENVI-met (Auteur,2025)

8. Grâce à l'outil de guidage ENVI-met, les paramètres généraux du fichier météo

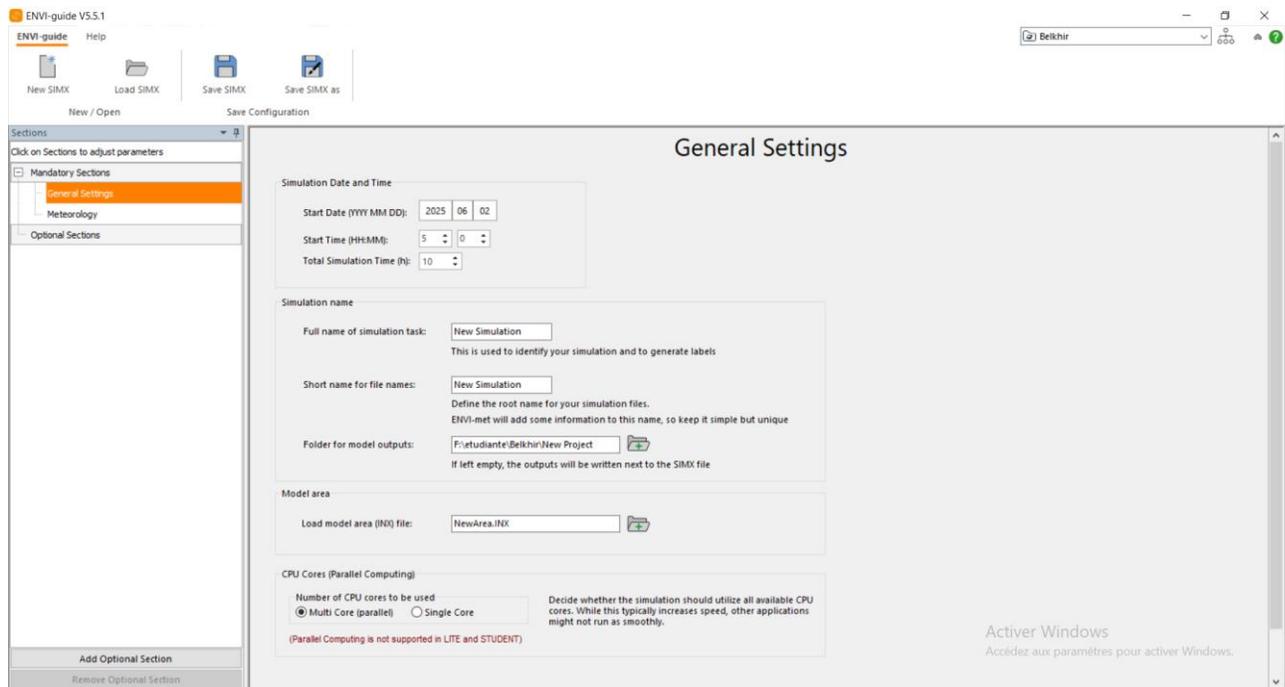


Figure III.12 les paramètres généraux du fichier météo (Auteur,2025)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

9. Grâce à l'outil de guidage ENVI-met, le schéma météorologique est choisi

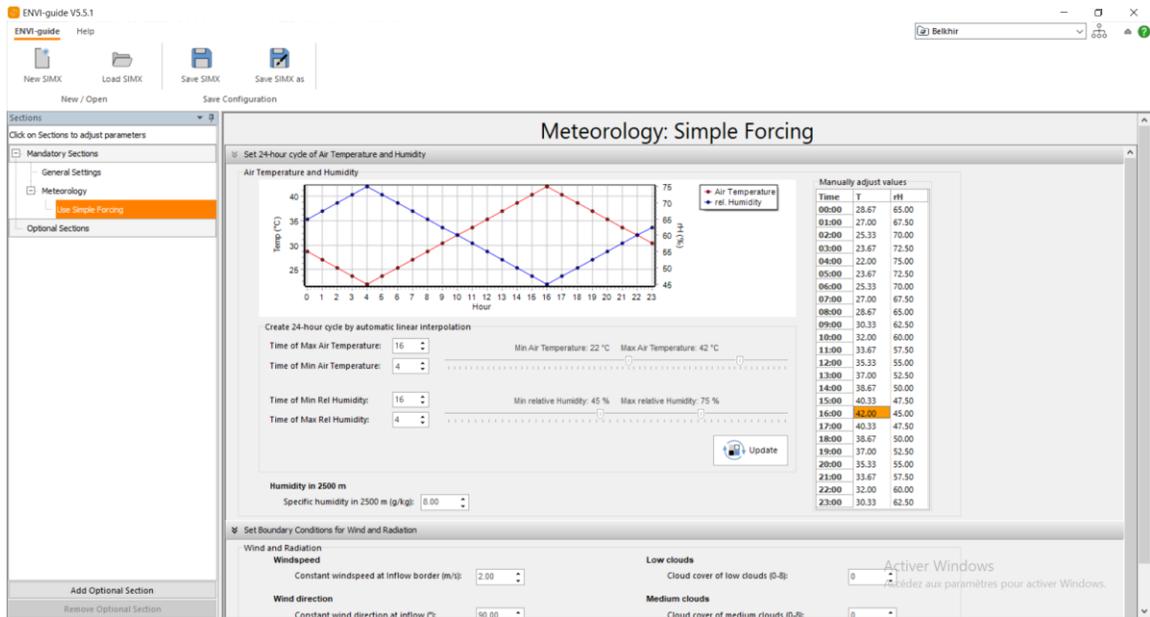


Figure III.13 le schéma météorologique (Auteur,2025)

10. Exportez le schéma météorologique sous forme de fichier (SIMX) pour la simulation de base ENVI-met.

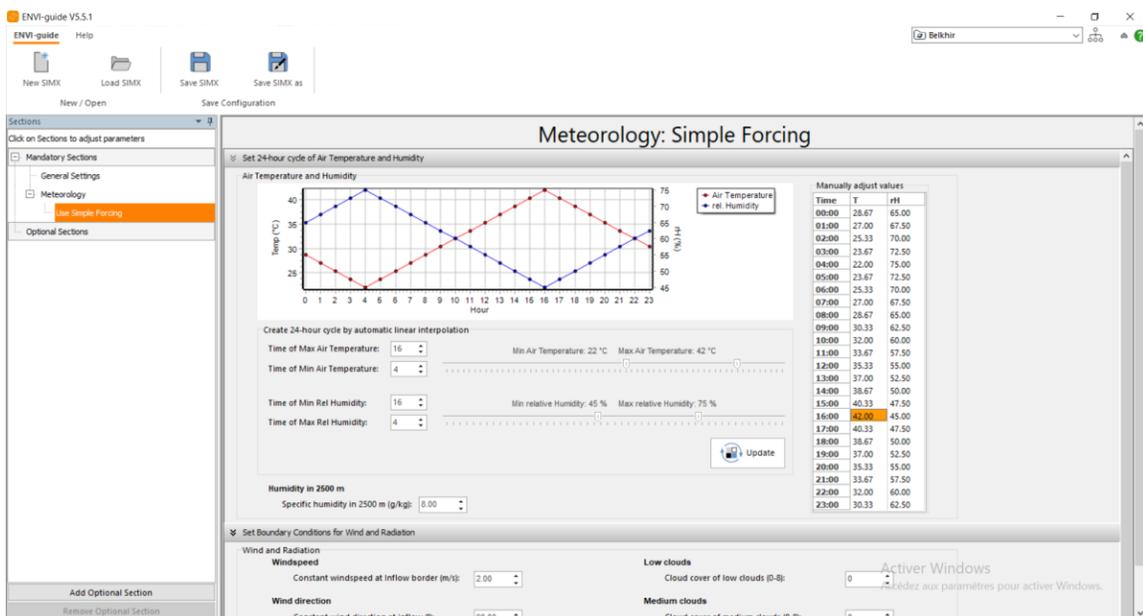


Figure III.14 le schéma météorologique sous forme de fichier (SIMX) (Auteur,2025)

Chapitre III:

Evaluation du confort thermique et visuel par la simulation à l'échelle urbaine et architecturale

Conclusion

L'évaluation du confort thermique et visuel à travers la simulation numérique s'impose aujourd'hui comme un outil incontournable dans les démarches de conception durable et bioclimatique. Elle permet de passer d'une approche empirique à une démarche fondée sur des données objectives, en simulant le comportement réel du bâtiment face aux conditions climatiques locales, aux usages prévus, et aux caractéristiques physiques de l'enveloppe. Grâce à une gamme de logiciels spécialisés (tels qu'EnergyPlus, Radiance, Design Builder ou ENVI-met), les concepteurs peuvent non seulement tester des variantes architecturales (orientation, ventilation, matériaux, dispositifs de protection solaire, etc.), mais aussi prédire avec précision les performances énergétiques et le niveau de confort des futurs usagers, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Cette capacité à intégrer les enjeux environnementaux dès la phase de conception permet de mieux répondre aux objectifs de sobriété énergétique, de résilience climatique et de bien-être des occupants. Elle favorise également une meilleure communication entre les acteurs du projet (architectes, ingénieurs, maîtres d'ouvrage), en fournissant des supports visuels et quantitatifs pour la prise de décision.

CHAPITRE IV
Aire d'intervention et démarche conceptuelle

IV. Analyse de l'aire d'étude

IV.1 Données géographiques

IV.1.1 Présentation de la ville de Guelma

Guelma se situe géométriquement au Nord-Est de l'Algérie, à 60 Km au sud de la Méditerranée à 110 Km à l'Est de Constantine et à 150 Km à l'Ouest de la frontière tunisienne. Elle occupe une position géographique stratégique, en sa qualité de carrefour dans la région nord-est de l'Algérie, reliant le littoral des Wilaya de Annaba, El Taraf et Skikda, aux régions intérieures telles que les Wilaya de Constantine, Oum El Bouagui et Souk-Ahras



Figure IV.1 Situation de la ville de Guelma

au niveau national Google earth

Figure IV.2 Situation de la ville de Guelma au niveau régional Google earth

IV.2 Données climatiques

IV.2.1 Le climat de la ville de Guelma

Le climat de Guelma est de type méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Les températures estivales peuvent atteindre jusqu'à 35°C, tandis que les hivers voient des températures moyennes autour de 10°C. Les précipitations sont principalement concentrées entre les mois d'octobre et de mars, avec des chutes de neige occasionnelles sur les hauteurs environnantes. Ce climat favorable contribue à l'agriculture prospère de la région et offre un environnement agréable pour les habitants et les visiteurs.

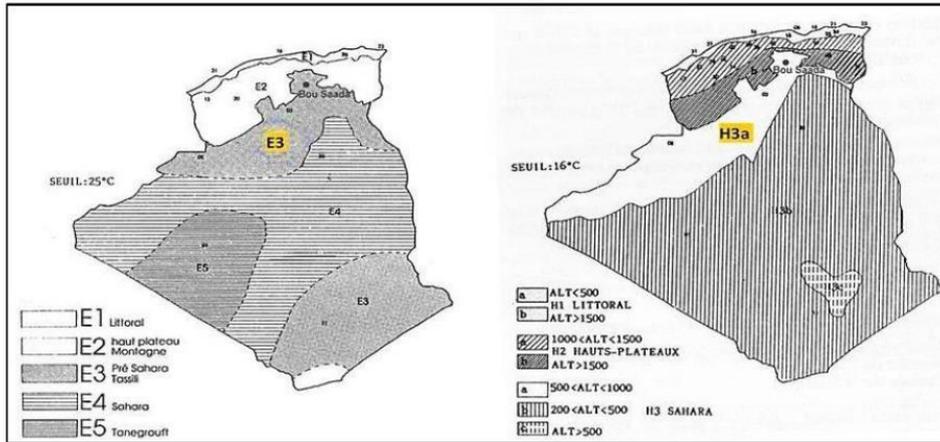


Figure IV.3 La classification du climat de la ville de Guelma. Cour (Introduction aux climats) Mme BENHARRA

IV.2.2 Température

La ville de Guelma bénéficie d'une température moyenne annuelle de 14 °C, avec des variations saisonnières marquées. Les températures annuelles maximales peuvent grimper jusqu'à 34°C, tandis que les minimales peuvent chuter jusqu'à -7°C. Le mois le plus chaud de l'année est généralement juillet, avec des pics de chaleur atteignant jusqu'à 37°C. En revanche, les mois les plus froids sont ceux d'avril, où les températures peuvent descendre jusqu'à -7°C, entraînant parfois des effets de gel. Cette amplitude thermique caractérise le climat de Guelma, offrant des étés chauds et des hivers modérément froids.

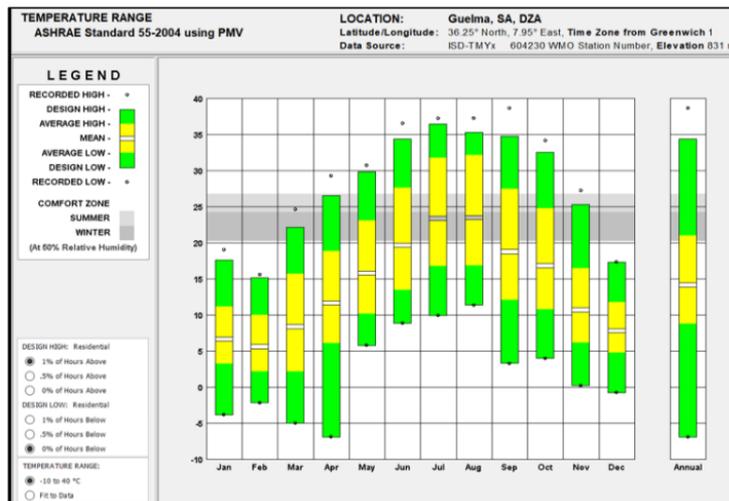


Figure IV.4 Graphe des variations des températures mensuelles et annuelles de Guelma (climat consultant 6.0)

IV.2.3 Précipitations

La répartition des précipitations à Guelma se caractérise par une saison sèche pendant l'été, avec un minimum de seulement 2,6 mm enregistré en juillet. Les autres saisons connaissent des précipitations considérables, avec un total annuel de 688,3 mm et un maximum de 137,7 mm enregistré en décembre. Près de 57% de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide. Cette distribution des précipitations contribue à soutenir l'agriculture locale et à maintenir la biodiversité de la région.

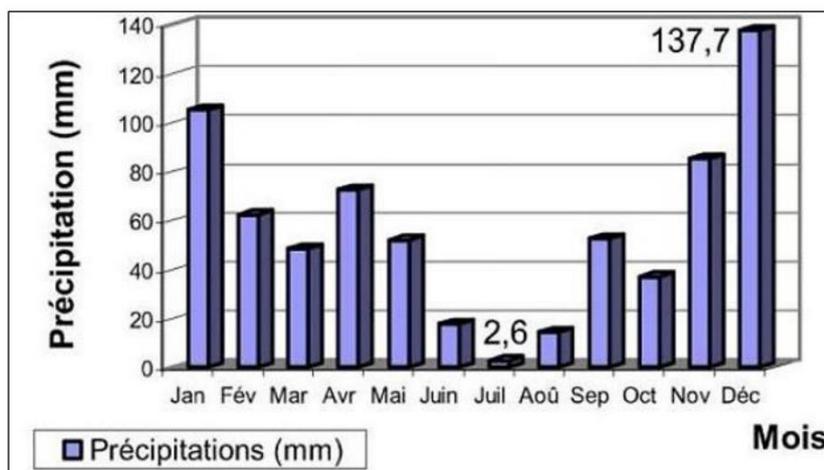
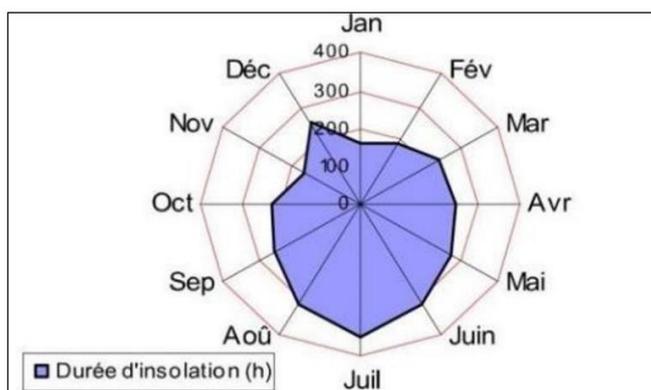


Figure IV.5 Graphe de variations des précipitations mensuelles. Thèse Ghechi Imane

IV.2.4 Insolation

Le nombre d'heures d'ensoleillement pendant les périodes chaudes dépasse généralement les 10 heures par jour à Guelma. L'insolation totale mensuelle est considérable, avec une moyenne de 243,3 heures de soleil par mois. Le minimum est enregistré en janvier, avec 160,9 heures, tandis que le maximum est atteint en juillet, avec 353 heures d'ensoleillement. Cette abondance de lumière solaire contribue à la chaleur estivale caractéristique de la région et favorise la croissance des cultures pendant les saisons chaudes.

Figure IV.6 Variation de durée d'insolation mensuelle
Thèse Ghechi Imane 2018.



IV.2.5 Diagramme solaire de Guelma

Pour déterminer la trajectoire annuelle apparente du soleil dans la ville de Guelma, on se réfère au diagramme solaire, ce qui nous permet d'obtenir des résultats variables en fonction des hauteurs et des azimuts solaires.

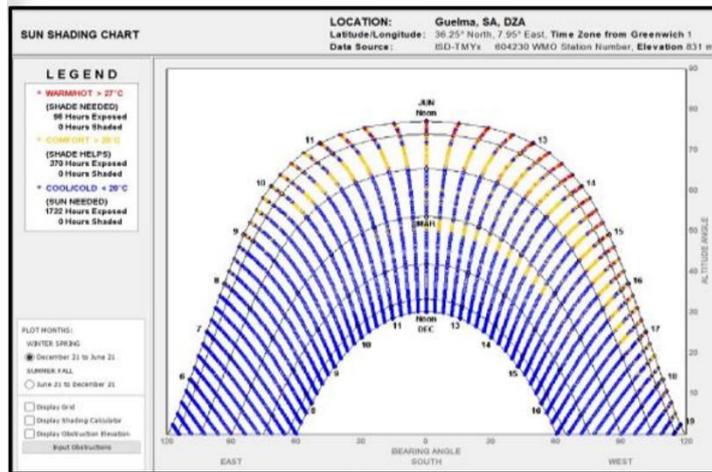


Figure IV.7 Diagramme solaire de Guelma période Hiver/Printemps. Climat consultant6.0

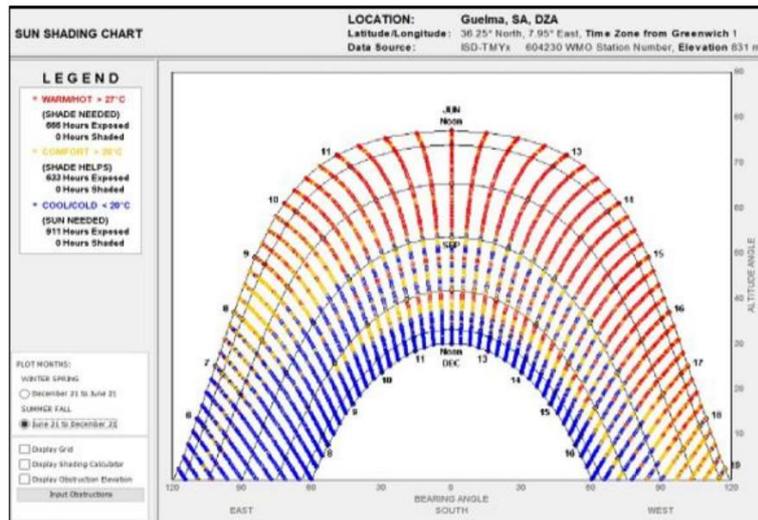


Figure IV.8 Diagramme solaire de Guelma période été/automne. « Climat consultant 6.0 »

- Les deux graphiques précédents représentent les cartes d'ombrage du soleil dans la ville de Guelma pendant les périodes hiver/printemps et été/automne. Voici les observations :
- Pendant la période hiver/printemps, la plupart des températures sont inférieures à 20°C. Il est donc nécessaire de maximiser la capture des rayons solaires pour atteindre la zone de confort thermique.

CHAPITRE IV

Aire d'intervention et démarche conceptuelle

- Pendant la période été/automne, la plupart des températures dépassent les 27°C. Il est donc essentiel de se protéger au maximum des rayons solaires pour maintenir un niveau de confort thermique optimal.

IV.2.6 Température de sol

Dans cette représentation, on observe une corrélation entre la profondeur sous terre et la température du sol tout au long de l'année :

- En été, la température du sol est plus élevée à des profondeurs plus importantes.
- En hiver, la température du sol diminue avec une profondeur moindre.

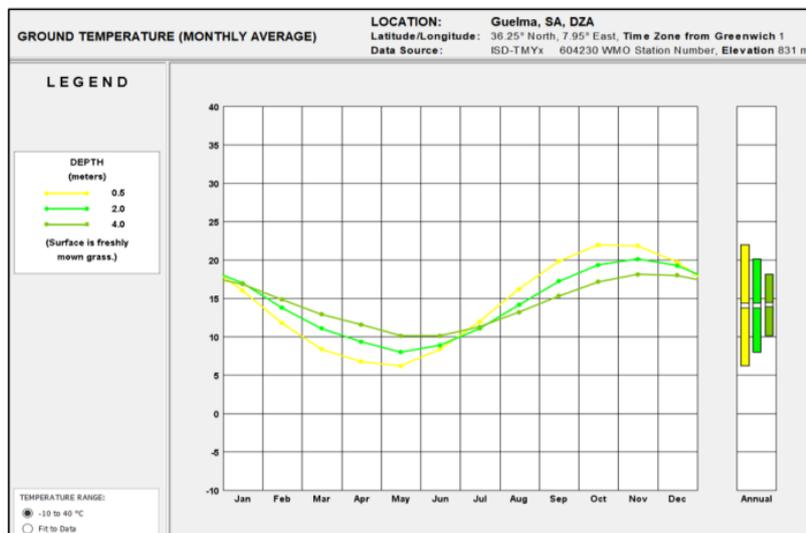


Figure IV.9 Graphe de variations mensuelles de la température du sol. « Climat consultant 6.0 »

IV.2.7 Vitesse et direction de vents

Le graphe illustre l'intervalle de la vitesse du vent dans la ville de Guelma au cours de l'année, avec les données suivantes :

- La vitesse moyenne annuelle est d'environ 4 m/s.
- La vitesse maximale enregistrée est de 7 m/s.
- La vitesse minimale est de 1 m/s.

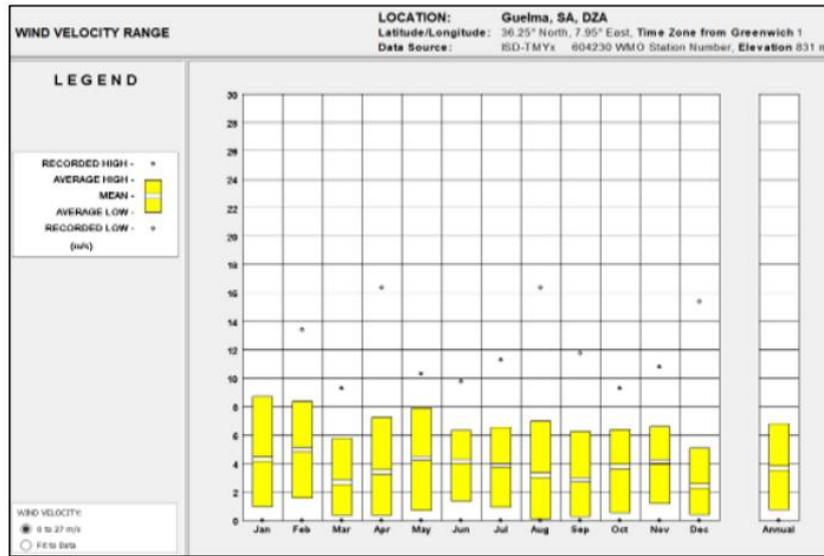


Figure IV.10 Graphe de variation de vitesse des vents mensuelle « Climat consultant 6.0 »

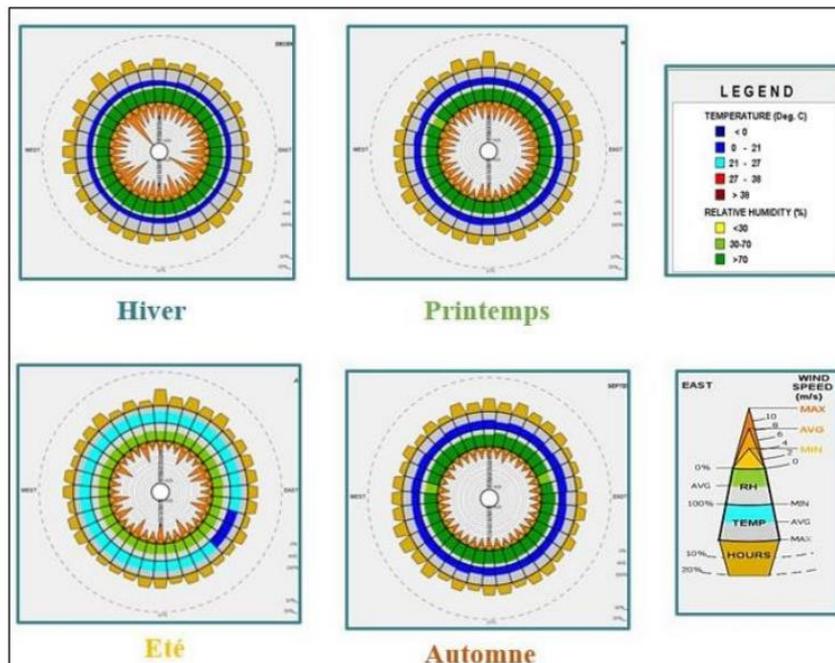


Figure IV.11 La rose du vent dans les 4 saisons de la wilaya de Guelma « Climat consultant 6.0)

Ces graphes fournissent un résumé du mouvement des vents à travers les quatre saisons dans la ville de Guelma :

- En hiver : Les vents dominants proviennent principalement de l'Ouest et du Nord-Ouest, avec des températures variantes entre 0°C et 21°C. L'humidité relative est généralement supérieure à 70%, accompagnée d'une vitesse de vent importante atteignant des valeurs maximales.

CHAPITRE IV

Aire d'intervention et démarche conceptuelle

- Au printemps : Les vents viennent de toutes les directions, avec des températures variantes également entre 0°C et 21°C. L'humidité relative reste élevée, dépassant souvent les 70%, et la vitesse du vent est en moyenne.
- En été : Les vents dominants proviennent principalement du Nord et du Nord-Est, ainsi que du Nord-Ouest, avec des températures variantes entre 21°C et 27°C. L'humidité relative est généralement comprise entre 30% et 70%, et la vitesse du vent est moyenne.
- En automne : Les vents viennent également de toutes les directions, avec des températures oscillantes entre 0°C et 21°C. L'humidité relative est modérée, entre 30% et 70%, et la vitesse du vent est minimale.

IV.3 Délimitation de l'aire d'études

IV.3.1 Motivation du choix de terrain

Le choix d'implanter le projet sur un terrain situé entre les agglomérations de Guelma et Belkheir repose sur plusieurs facteurs stratégiques et fonctionnels :

- Une position stratégique et accessible
- Un potentiel de développement urbain
- Une valorisation du paysage et du cadre de vie
- Aménager l'entrée Est de la ville.

IV.3.2 Délimitation de l'aire d'études

Notre aire d'étude se situe à l'entrée est de la ville de Guelma entre deux agglomération (Guelma et Belkheir)

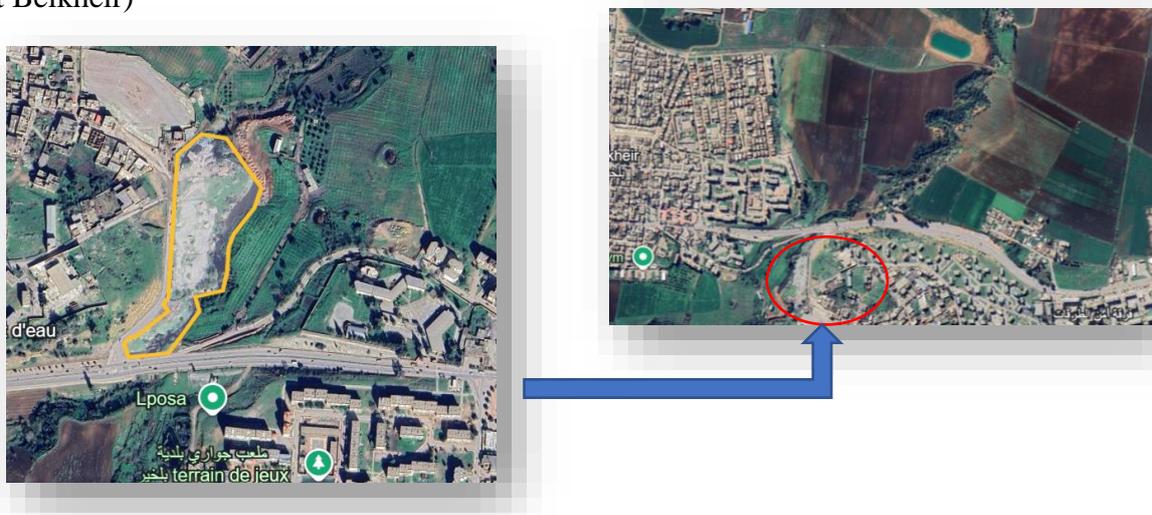


Figure IV.12 Situation de l'aire d'étude Google earth

IV.3.3 Environnement immédiat et accessibilité (Plan de masse)



Figure IV.13 Environnement immédiat et accessibilité Google earth

Il est limité comme suit :

Au Nord : terrain vierge

Au Sud : terrain vierge+ habitats collectifs

A l'Est : terrain vierge et habitats individuel

A l'Ouest : habitats collectifs et habitats individuels



On remarque que le terrain est accessible par un seul accès principal qui est la route national N° 20. Et l'utilisation d'une voie secondaire

Le voie mécanique (principal) qui accèdent à notre terrain ont un flux mécanique très important. Et l'autre voie secondaires a un flux faible. Un flux piéton moyen

IV.3.4 Topographie et morphologie

Forme de terrain : irrégulière

Surface total : 22 604,13 m²

Périmètres :850,87 m

La pente moyenne de cette coupe transversale de terrain est donc **environ 5.74%**

La pente moyenne de cette coupe longitudinale de terrain est donc **environ 1,70%**



Figure IV.12 Coupe transversale de terrain

Google earth



Figure IV.13 Coupe longitudinale de terrain

Google earth

IV.4 Synthèse

Position géographique favorable, reliant deux agglomérations Guelma-Belkheir

Un terrain accessible par la route national N°20

Ce projet joue un rôle clé dans l'amélioration de l'entrée Est de la ville

Ce site offre également un fort potentiel de développement urbain, permettant une expansion planifiée et équilibrée, tout en décongestionnant les centres-villes.

L'existence des réseaux d'assainissement autour du projet

IV.5 Analyse écologique

Patrimoine bâti et naturel :

Oued el Maiz est un patrimoine naturel qu'il faut préserver et valoriser



Figure IV.14 Analyse écologique du patrimoine bâti et naturel– auteur

Espace :

Une requalification d'un site pollué permet de redonner une valeur environnementale, économique et sociale à un espace auparavant dégradé, tout en assurant la sécurité des futurs usagers



Figure IV.15 Analyse écologique de l'espace – auteur

Energie :

Réduire la consommation énergétique par l'optimisation de l'éclairage naturel

Paysage :

Qualité visuelle du paysage naturel et urbain

Elle est composée principalement d'arbres



Figure IV.16 Analyse écologique du paysage – auteur

IV.5.1 Synthèse

Cette analyse écologique permet d'orienter l'aménagement du site vers une approche durable et responsable. La préservation du paysage, l'utilisation d'énergies renouvelables, la réduction des nuisances sonores et la mise en valeur du patrimoine sont essentielles pour assurer un projet respectueux de l'environnement

IV.6 Genèse et démarche du projet

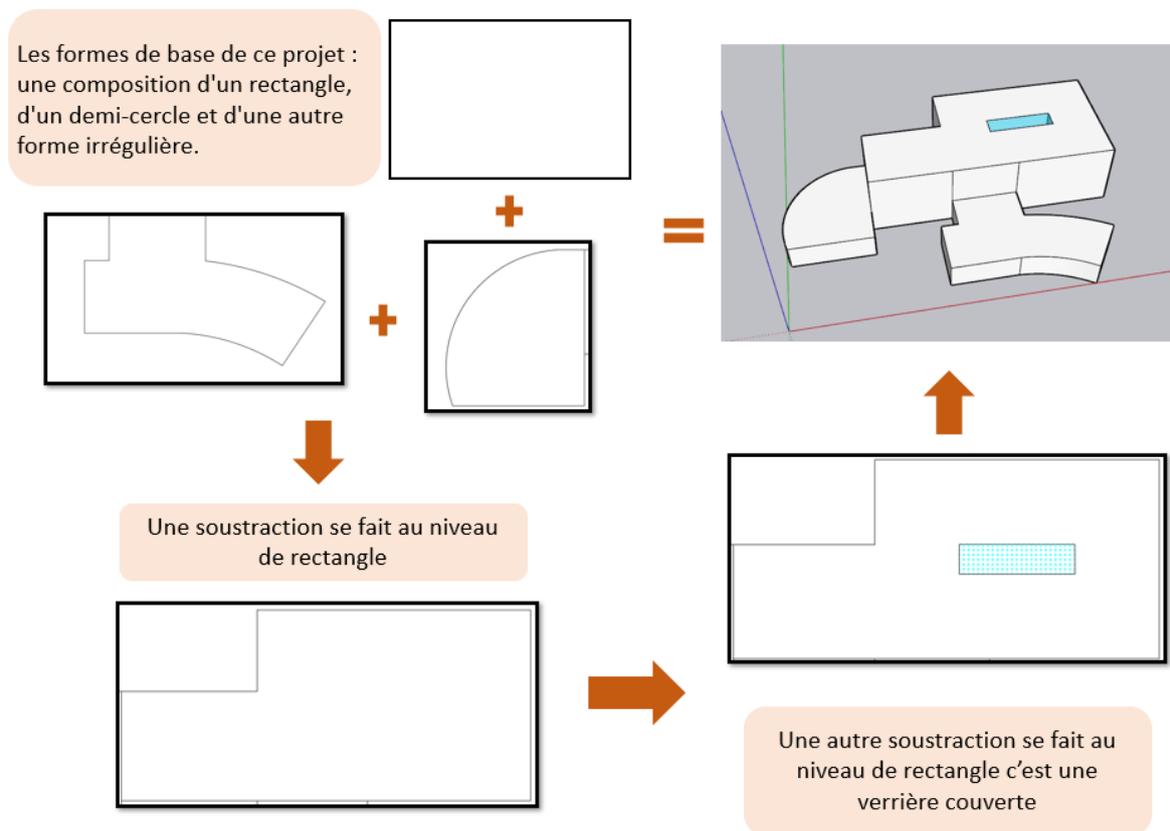


Figure IV.19 Genèse de projet – Auteur

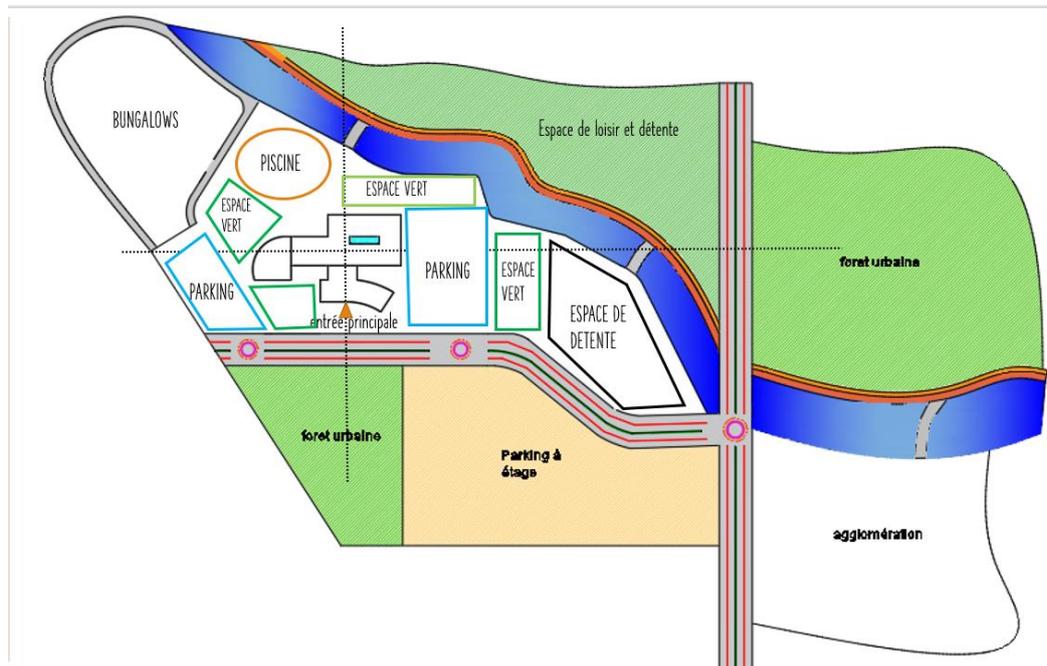
IV.7 Schémas de principe

Figure IV.17 Schéma de principe de projet - Auteur

Le projet est organisé selon 2 axes principaux le premier est en parallèle avec la route RN20 est la deuxième est perpendiculaire a celle-ci, qui divisent le terrain en 4 zones et crée un espace de groupement au centre.

Ce projet touristique s'organise autour d'un bâtiment central accessible par une entrée principale, des parkings a cote de projet et d'espaces verts pour le confort et l'esthétique. À l'est, des bungalows s'alignent en zone calme, desservis par une voie secondaire. Au nord, une piscine et un espace détente profitent d'un bon ensoleillement. Avec des vents dominants modérés.

Aussi création d'un circuit piétons et une cour d'eau

IV. 8 Modélisation

IV.8.1 Choix de l'emplacement

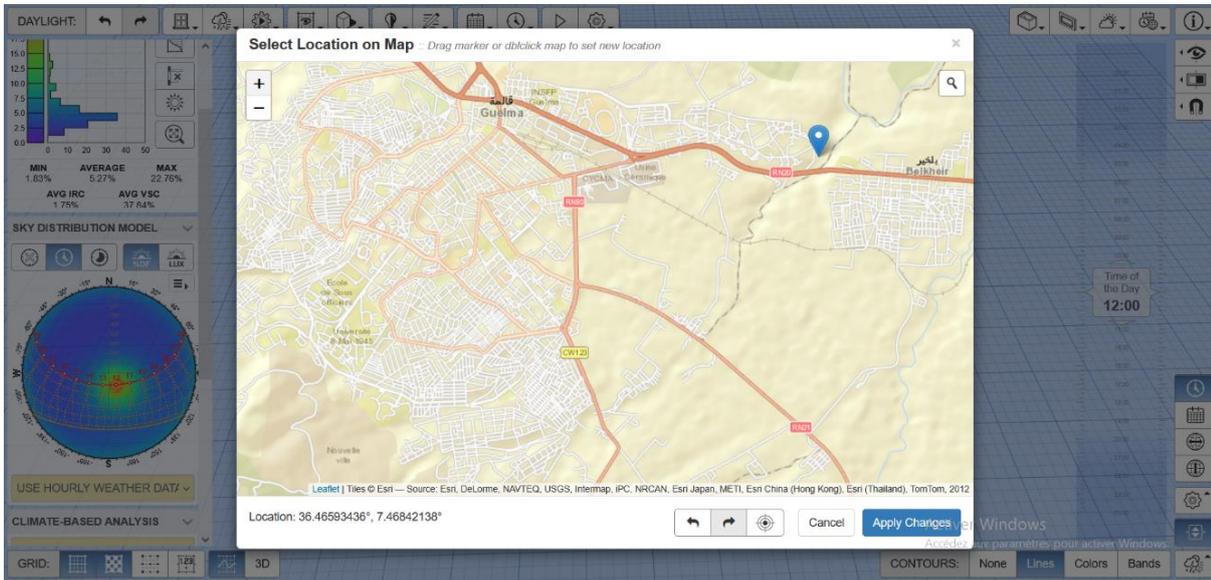


Figure IV.18 Localisation de terrain – Map

IV.8.2 Téléchargement d'un fichier Epw (fichier météo)

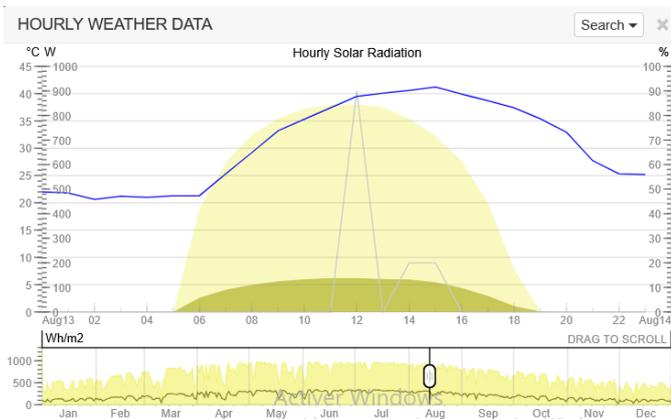


Figure IV.19 Radiation solaire horaire
(AndrewMarsh.com .Auteur,2025)

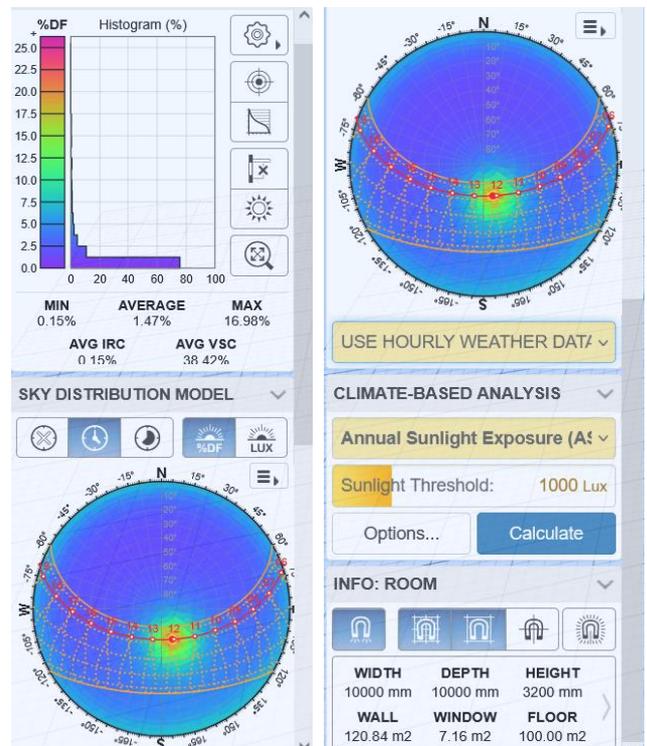


Figure IV.20 Analyse de l'exposition solaire annuelle
et de la distribution lumineuse dans une pièce,

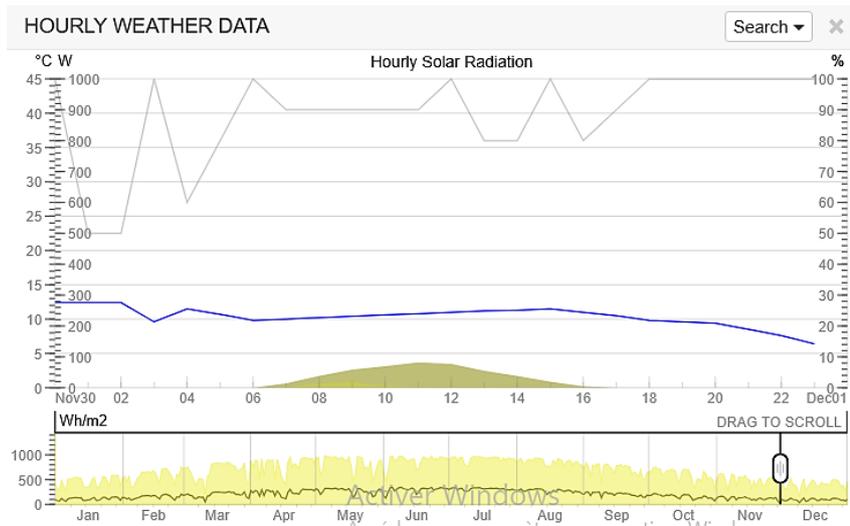


Figure IV.21 Jour le moins ensoleillé (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

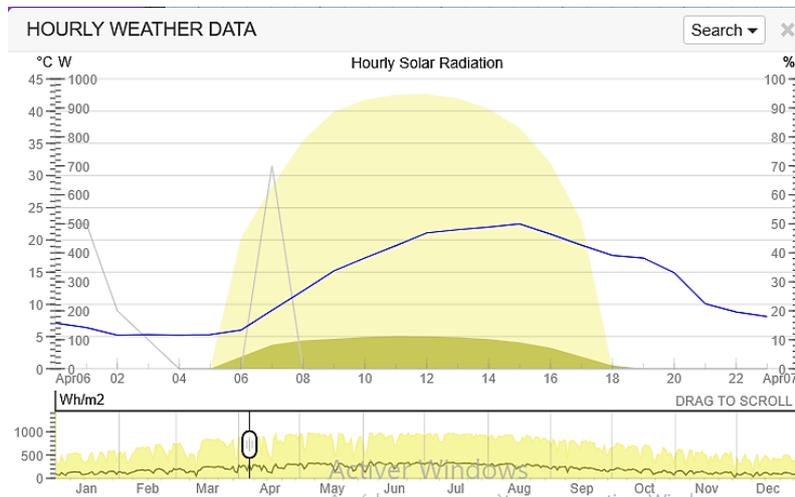


Figure IV.22 Jour le plus ensoleillé (AndrewMarsh.com.Auteur ,2025)

IV.8.3 Création d'un modèle de lumière naturelle à partir d'un modèle 3D généré

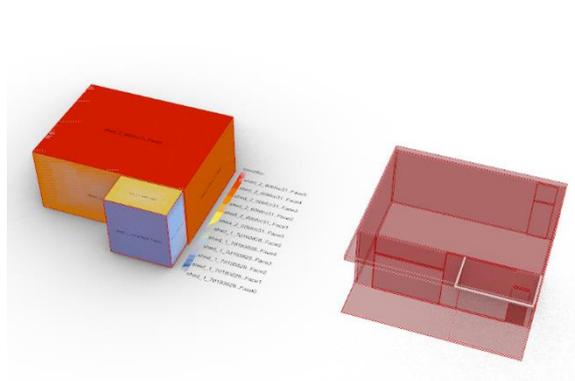
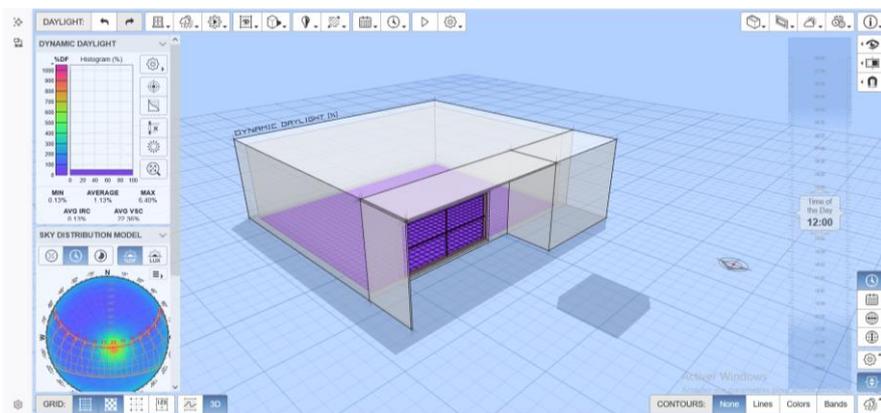


Figure IV.23 Lumière du jour dynamique (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

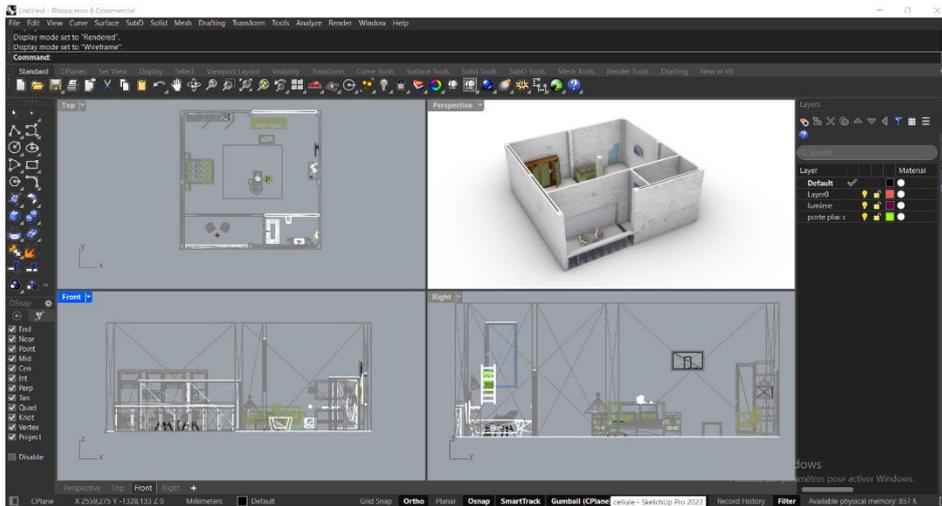


Figure IV.24 Création d'un modèle de lumière naturelle 3D (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

IV.8.4 Choix des paramètres

Les paramètres sur lesquels j'ai travaillé la simulation sont :

- La Situation géographique
- Les données climatiques de la région,
- Le gabarit (dimension et orientation des ouvertures)

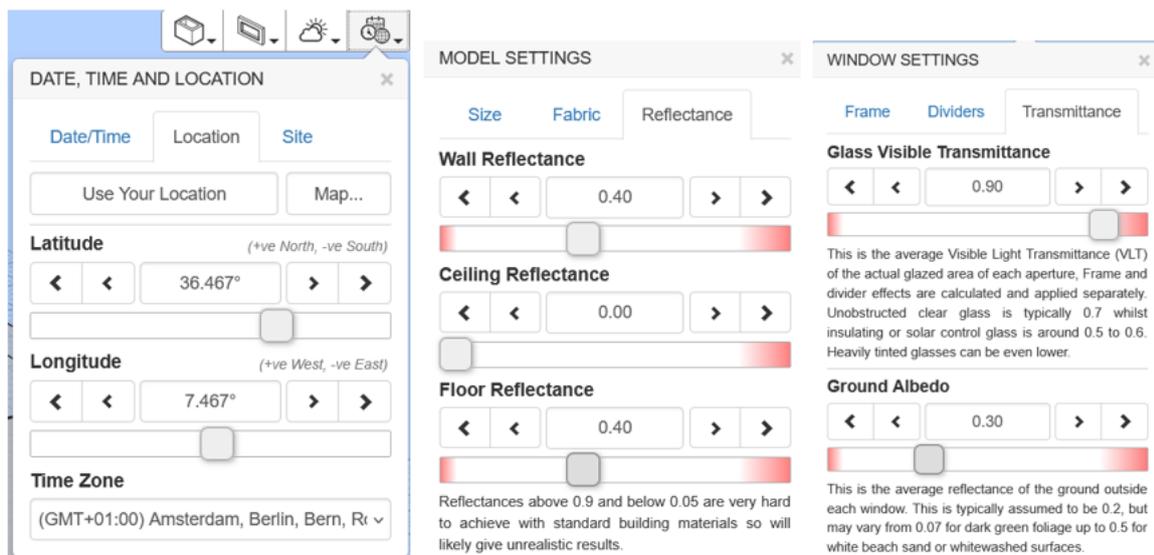
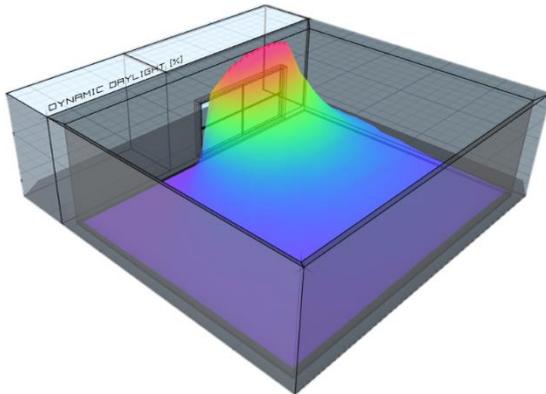


Figure IV.25 Choix des paramètres du modèle (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

IV.8.5 Ensoleillement annuel



*Figure IV.29 Ensoleillement annuel
(AndrewMarsh.com.Auteur,2025)*

Climate-Based Daylight Analysis ✕

DAYLIGHT AUTONOMY (DA) Reset

Standard (DA) | Continuous (cDA) | Spatial (sDA)

Daylight Autonomy maps the percentage of time that daylight illuminance levels at each grid point are at or above a minimum threshold value. The default is 300 lux (as DA₃₀₀ is common in many guidances) and full daylight occupancy, but both may be customised to meet any other standard using the controls below.

Illuminance Threshold: 1050 Lux

100 500 1000 2000 3000 4000 Lux

Date Range | **Time Range**

All Year | Season ▾ | Month ▾ | Range ▾ | BS EN 17037-2018

01 July | | Start Hour 08:00

31 July | | End Hour 16:00

Cancel Calculate

Figure IV.26 Autonomie à la lumière du jour (AndrewMarsh.com.Auteur.2025)

Climate-Based Daylight Analysis ✕

ANNUAL SUNLIGHT EXPOSURE (ASE) Reset

Annual Solar Exposure maps the number of hours that direct sunlight illuminance levels at each grid point are greater than the threshold value set below. As such, this is more of a sunlight metric but is very useful as an indicator of potential glare and the need for shading controls.

Sunlight Threshold: 1400 Lux

Date Range | **Time Range**

All Year | Season ▾ | Month ▾ | Range ▾

01 January | | Start Hour 08:00

31 December | | End Hour 16:00

Cancel Calculate

Figure IV.27 exposition annuelle au soleil (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

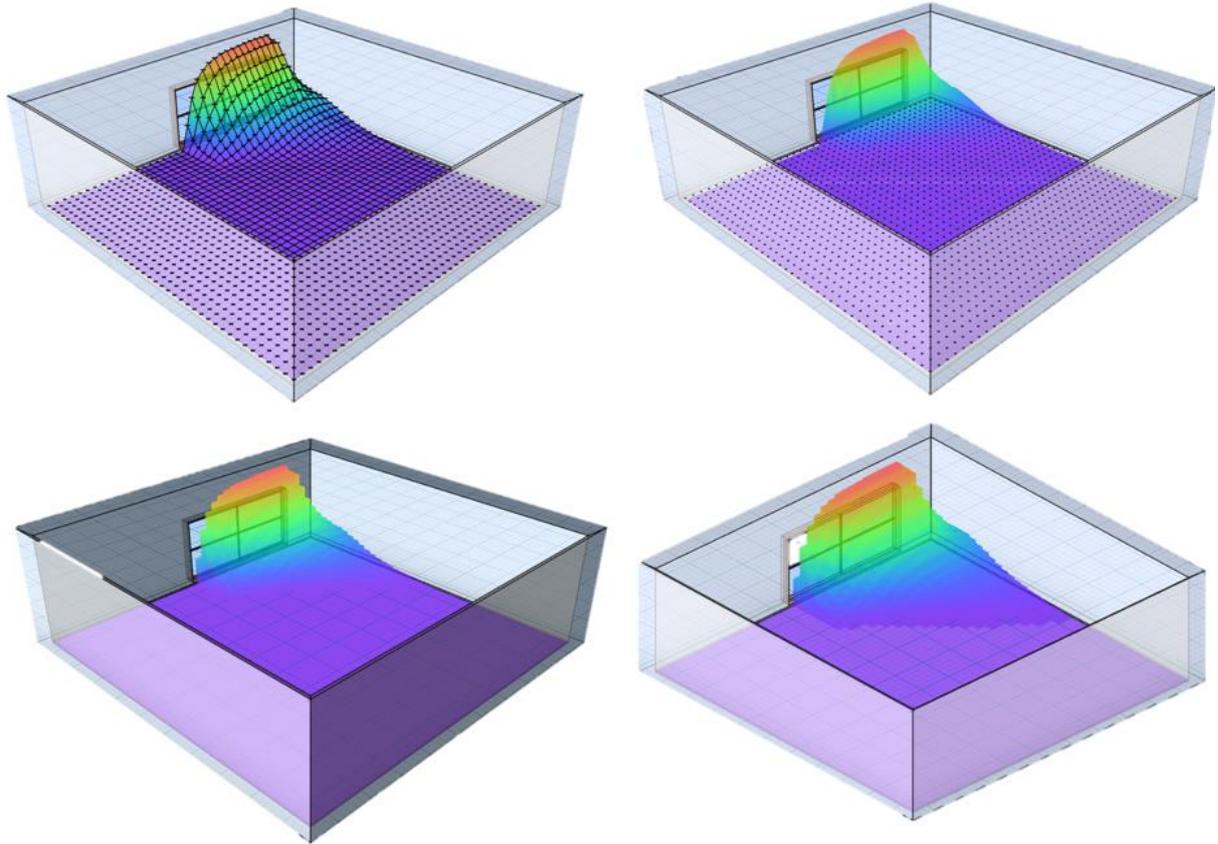


Figure IV.28 Ensoleillement annuel (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

IV.8.6 Saturation annuel de la lumière du jour

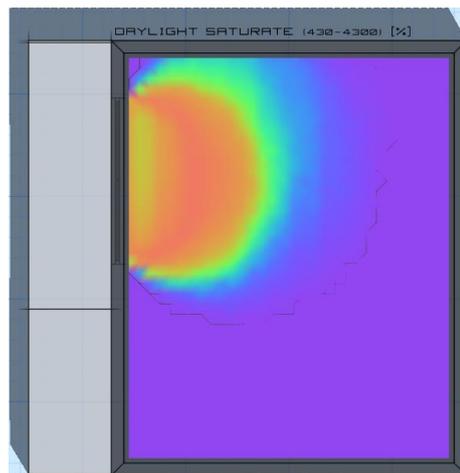


Figure IV.29 Saturation annuelle de la lumière du jour (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

IV.8.7 Éclairage utile en lumière du jour

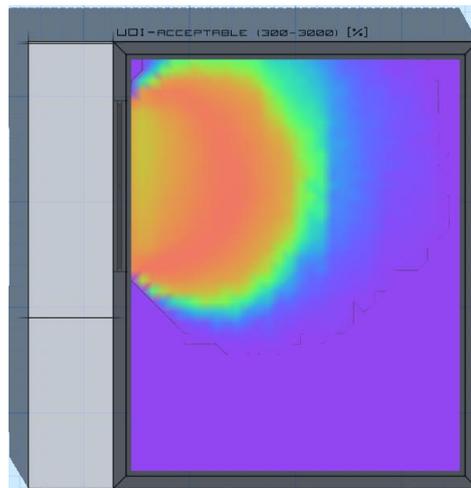


Figure IV.30 Éclairage utile en lumière du jour (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

IV.8.8 Autonomie annuelle à la lumière du jour

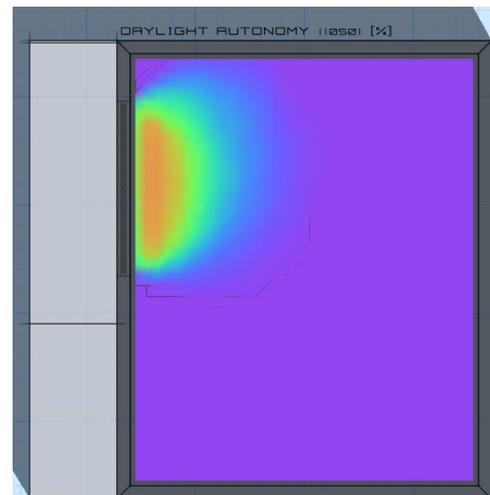


Figure IV.31 Autonomie annuelle à la lumière du jour

(AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

IV.8.9 Exposition annuel au soleil

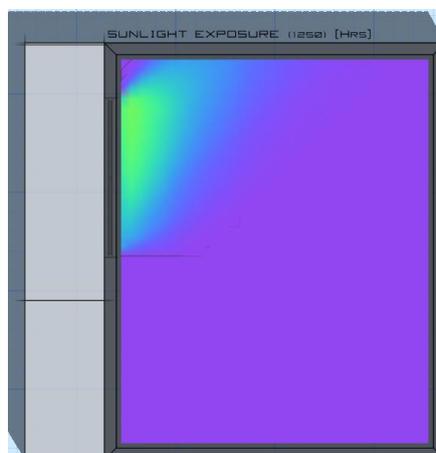


Figure IV.36 Exposition annuel au soleil (AndrewMarsh.com.Auteur,2025)

IV.8.10 Synthèse

La phase de modélisation a permis d'évaluer de manière détaillée le comportement de la lumière naturelle dans le projet architectural, en tenant compte des données climatiques réelles et du contexte urbain du site.

L'ensemble de ces simulations a guidé les choix architecturaux et permis d'optimiser les ouvertures, l'orientation des espaces, et les protections solaires. Cette approche par la modélisation constitue ainsi une étape essentielle pour assurer un confort lumineux durable, adapté au climat local et aux usages prévus

Conclusion générale :

La lumière naturelle et le confort thermique apparaissent aujourd'hui comme des composantes indissociables de l'architecture durable, particulièrement dans le domaine de l'architecture hôtelière. Au-delà de leur impact fonctionnel, ces deux paramètres influencent directement la perception des espaces, le bien-être des usagers et l'image même d'un établissement hôtelier. Dans une époque marquée par la transition énergétique et la prise de conscience environnementale, leur intégration devient un impératif autant esthétique que technique.

À Guelma, ville chargée d'histoire et dotée d'un patrimoine naturel exceptionnel, la nécessité de concilier développement touristique et préservation de l'environnement se fait particulièrement ressentir. La conurbation entre Guelma et Belkheir, traversée par le cours de l'Oued El Maiz, offre un cadre paysager unique mais encore sous-exploité. L'absence d'une stratégie d'aménagement durable y freine l'émergence d'une offre touristique à la hauteur de son potentiel. Dans ce contexte, la mise en place d'un complexe touristique durable apparaît comme une réponse pertinente aux enjeux actuels : il s'agirait d'un projet capable d'articuler attractivité économique, respect des ressources naturelles et qualité spatiale pour les usagers.

L'architecture hôtelière moderne ne peut plus se concevoir sans une réflexion approfondie sur la lumière naturelle. Celle-ci, au-delà de ses apports lumineux, devient un outil de design et de mise en scène des espaces. Elle sculpte les volumes, accentue les textures, crée des ambiances variées selon les moments de la journée et participe à la réduction des besoins énergétiques artificiels. Elle est également un vecteur de lien entre intérieur et extérieur, intégrant la nature au cœur même de l'expérience hôtelière. Dans un complexe touristique à Guelma, elle pourrait ainsi valoriser les vues sur le paysage environnant, les jardins, les plans d'eau ou encore les espaces verts, tout en contribuant au confort visuel et psychologique des usagers.

Le confort thermique, quant à lui, reste déterminant dans la conception de tout espace d'accueil touristique, surtout dans une région au climat méditerranéen marqué par des étés chauds et des hivers modérés. Une gestion intelligente de l'inertie thermique, de la ventilation naturelle et des protections solaires permettrait de limiter le recours aux systèmes mécaniques de chauffage ou de climatisation, réduisant ainsi la consommation énergétique globale du complexe. Les matériaux, les couleurs, la disposition des volumes et l'orientation des façades deviennent des éléments clés pour garantir une atmosphère agréable, quelle que soit la saison.

CHAPITRE IV

Aire d'intervention et démarche conceptuelle

Cependant, il est essentiel d'aller au-delà des seules considérations techniques. Un projet touristique durable doit également tenir compte des dimensions culturelles, sociales et économiques du territoire. L'écotourisme, encore peu développé en Algérie, constitue une opportunité stratégique. Il permettrait de diversifier l'économie locale, de créer des emplois tout en valorisant le patrimoine naturel et culturel de la région. À Guelma, cela pourrait se traduire par la mise en valeur des sites historiques, des circuits de randonnée, des activités liées au thermalisme, tout en respectant l'environnement et les ressources hydriques précieuses, comme celles de l'Oued El Maiz.

La mise en œuvre d'un tel projet repose nécessairement sur une approche interdisciplinaire, mobilisant architectes, urbanistes, ingénieurs, paysagistes, économistes et acteurs locaux. Elle suppose également un engagement fort des pouvoirs publics et une sensibilisation des habitants aux enjeux du développement durable. À terme, un complexe touristique exemplaire à Guelma pourrait devenir un modèle reproductible à l'échelle nationale, démontrant que confort, esthétique, durabilité et rentabilité économique ne sont pas des objectifs contradictoires, mais bien complémentaires.

En conclusion, l'architecture hôtelière durable à Guelma constitue une véritable opportunité de développement, à la croisée des impératifs environnementaux, économiques et sociaux. L'intégration réfléchie de la lumière naturelle et du confort thermique y jouerait un rôle décisif, tant sur le plan de la qualité des espaces que sur celui de la performance énergétique. À travers ce projet, il s'agit non seulement de créer un espace accueillant et fonctionnel, mais aussi de contribuer à la valorisation du patrimoine naturel et urbain de la région, d'inscrire Guelma dans une dynamique touristique durable et de placer l'Algérie sur la voie de l'écotourisme responsable.

Bibliographie

Articles

1. Adel-Tawfiq, M. A., & Tawfik, W. M. (2005). *Natural Lighting as a Factor in Providing a Healthy Environment*. *Journal of Iranian Architecture Studies*, 2(4), 87–108.
2. Benharra, M. *Introduction aux climats* [Cours]. Classification du climat de la ville de Guelma
3. Biron, M. (2008). *Climate Form Finding for Architectural Inhabitability*. *Ambiances*, 4. <https://journals.openedition.org/ambiances/1688>
4. Chaabouni, S. Z. (2011). *Voir, savoir, concevoir : une méthode d'assistance à la conception d'ambiances lumineuses par l'utilisation d'images références* [Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine].
5. De Herde, A., & Liebard, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. Observ'ER.
6. De Luca, F., Simson, R., Kurnitski, J., & Voll, H. (2018). *Daylighting and energy performance design for single floor commercial hall buildings*. *Management of Environmental Quality*, 29(4), 722–740. <https://doi.org/10.1108/MEQ-03-2018-0057>
7. Fauconnier, R. & Grelat, A. (1981). *Thermique de l'habitat : bases de la modélisation thermique*. *Annales de l'I.T.B.T.P.*, 395, 123–138
8. Fenger, P. O. (1991). *Attached sunspace—Sensitivity factors*. *Solar Energy*, 47(5), 345–350.
9. Givoni, B. (1978). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van Nostrand Reinhold.
10. Ghechi, I. (2018). *Une architecture solaire pour une efficacité énergétique dans un bâtiment résidentiel* (Thèse de doctorat, Université de Guelma)
11. Kılıç, Z. A., & Köknel Yener, A. (2021). *Determining proper daylighting design solution for visual comfort and lighting energy efficiency: A case study for high-rise residential building*. *Journal of Physics: Conference Series*, 2069(1), 012156. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2069/1/012156>
12. Mardaljevic, J., Hescong, L., & Lee, E. (2009). *Daylight metrics and energy savings*. *Lighting Research & Technology*, 41(3), 261–283. <https://doi.org/10.1177/1477153509339703>
13. Matallah, K. (2015). [Titre manquant].

14. Méndez Echenagucia, T., Capozzoli, A., Cascone, Y., & Sassone, M. (2015). *The early design stage of a building envelope: Multi-objective search through heating, cooling and lighting energy performance analysis*. *Applied Energy*, 154, 577–591. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.090>
15. Moscoso, C., & Matusiak, B. (2015). *From windows to daylighting systems: How daylight affects the aesthetic perception of architecture*. Proceedings of the 28th CIE Session, Manchester, UK, Volume 1 Part 1, 297–306.
16. Mudri, L., & Lénard, J. D. (1999). *Measurements and qualification of ambiances in day lighting*. Passive and Low Energy Architecture PLEA'99, Brisbane, Australie.
17. Mudri, L., et al. (2005). *Interpretation models and their applications for luminous ambiances*. Passive and Low Architecture PLEA'05, Beyrouth, Liban.
18. Nadji Maachi, I., Mokhtari, A., & Slimani, M. E.-A. (2019). *The natural lighting for energy saving and visual comfort in collective housing: A case study in the Algerian building context*. *Journal of Building Engineering*, 24, 100760. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100760>
19. Narboni, R. (2006). *Lighting the landscape: Art design technologies*. Birkhäuser.
20. Nguyen, A. T., Singh, M. K., & Reiter, S. (2012). *An adaptive thermal comfort model for hot humid South-East Asia*. *Building and Environment*, 56, 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.021>
21. Niemasz, C., Reinhart, C., & Jakubiec, J. A. (2011). *DIVA 2.0: Integrating daylight and thermal simulations using Rhinoceros 3D, DAYSIM and EnergyPlus*. Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 1779–1786.
22. Olgyay (2015) : Base théorique du design bioclimatique et des stratégies passives en architectu
Wienold & Christoffersen (2006) : Méthodes d'évaluation de l'éblouissement (UGR, DGP).
23. Reinhart & LoVerso (2010) : Méthodologie de conception rapide pour la lumière naturelle.re.
24. Roditi, M. (2011). *Réflexions sur l'éclairage et la perception dans l'espace architectural*. Manuscrit non publié
25. Roulet, C. A. (2004). *Healthy buildings : A design primer*. Earthscan.

26. Saad Abdelhamid, Y. M., et al. (2023). *The effect of parametric patterned façade variations on daylight quality, visual comfort, and daylight performance in architecture studio-based tutoring*. *Journal of Daylighting*, 10, 173–191.
27. Sigrid, D., & De Herde, A. (2003). *Qualitative and quantitative criteria for comfortable urban public spaces*. Dans les actes de la 21e conférence PLEA (Passive and Low Energy Architecture), Eindhoven, Pays-Bas, 19–22 septembre 2004
28. Souza, J. P. D. M., Moon, B., Alberto, K. C., & Barbosa, S. (2023). *Glazing for double skin façade: Daylighting under different transmittance composition*. [Publication en attente].
29. Tourre, V. (2007). *Simulation inverse de l'éclairage naturel pour le projet architectural* [Thèse de doctorat, Université de Nantes].
30. Tregenza, P., & Loe, D. (1998). *The Design of Lighting*. E&FN Spon.
31. Trouve, C. (1991). *Confort visuel et éclairage naturel : Approche méthodologique pour la conception architecturale*. [Mémoire de magistère, Université de Nantes]
32. Zemmouri, N. (2011). *Application of Fuzzy Logic in Interior Daylight Estimation*. *Journal of Building Performance*, 2(1), 1–10.
33. Zhao, Y., Li, Y., Chen, X., Xia, D., Huang, Y., & Lou, S. (2022). *Parametric optimization procedure for efficient window design of educational buildings in the Pearl River Delta of China*. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 17, 394-410. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctac013>

Webographie

1. Alec-Nancy-Grands-Territoires. (s. d.). *Relation entre l'humidité et la température*. <https://www.alec-nancy.fr> le 20/01/2025
2. AndrewMarsh.com le 30/05/2025
3. Benjamin Moore. (s. d.). <https://www.benjaminmoore.com/fr-ca>
4. Beswic. (s. d.). <https://www.beswic.be> le 05/01/2025
5. CIE. (2018). *CIE 15:2018 – Colorimetry, 4th Edition*. Le 02/02/2025
6. <http://www.climatconsultant.com> le 29/05/2025
7. Énergie Plus. (s. d.). <https://energieplus-lesite.be> le 03/04/2025
8. Inhabitat. (s. d.). <https://www.inhabitat.com>
9. Leclairage.fr. (s. d.). *Guide de l'éclairage*. <https://leclairage.fr/guide-de-leclairage/>
10. NRC-CNRC. (s. d.). *CBD-192-F. Rapport entre la performance visuelle, le contraste et l'éclairage*. <https://www.nrcnrc.gc.ca/fra/idp/irc/dcc/digest-construction-192.html>
11. Norme NF EN 12665. (s. d.). *Lumière et éclairage – Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage*.
12. Sites.uclouvain.be. (s. d.). *Fundamentals of the Visual Perception and Colourimetry*.
13. Complexe écotouristique. (s. d.). le 03/02/2025
14. La ventilation dans une maison passive. (s. d.)
- 15.107 Optimization of urban morphology to enhance outdoor thermal comfort: A microclimate analysis