



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة البليدة -1-



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Saad Dahleb Blida -1-
Institut d'Architecture et d'Urbanisme

OPTION : Architecture Bioclimatique

Intitulé du projet :

***Conception bioclimatique d'un centre océanographique
au sein d'un éco-quartier à vocation touristique aménagé
dans la ZET Ouest de Zéralda.***

Thème de recherche :

***L'éclairage naturel et les solutions passives pour un confort
visuel optimal à travers les ouvertures.***

Travail réalisé par :

**Mlle : Bénaidja Ouïam
Mlle : Khelfat Marwa**

Encadrées par :

**Dr : Dalel Kaoula
Mme : Fers Halima**

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

Nous remercions avant tout Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la volonté qui nous ont permis de supporter toutes les souffrances, et enfin d'arriver à accomplir ce travail.

Nous ne puissions conclure ce mémoire sans montrer notre sincère gratitude et nos plus vifs remerciements à notre encadreur : «Dr ; Kaoula Dalel » ; Pour son dévouement et ses conseils constructifs.

Nous remercions aussi tous les enseignants qui ont participé à notre formation.

Tous ceux qui nous ont aidés ou assisté de près ou de loin à l'élaboration de ce travail trouverons par le biais de ces remerciements, l'expression de notre respect le plus profond.

Nous remercions également les membres de jury pour le grand honneur qu'ils nous accordent en portant leurs regards sur notre modeste travail.

Dédicace -1-

Louange à Dieu qui nous a donné la force, le courage, et l'espoir pour accomplir ce travail et surmonter l'ensemble des difficultés.

Je dédie cette goutte de sueur qui sillonne mon front pour aller remplir ce modeste travail :

Aux personnes les plus chères à mes yeux, mes parents

« Papa Kamel » et « Mama Sadjya »

A ces deux grands cœurs qui m'entourent toujours par leur tendresse et leur Affection.

A ceux qui m'ont toujours encouragée et soutenue dans mes études et m'ont éclairée et ouvert la vie de l'avenir.

Les mots ne sont pas assez riches pour leur exprimer toute ma gratitude et mon Amour envers eux.

Je vous dédie le fruit de mes efforts, comme un symbole de gratitude. Vous qui avec tant rêvé de ce jour, car je ne pourrais jamais vous remercier assez pour tout ce que vous faites pour moi.

A tous ceux qui me sont chers, qui m'ont aidée par leur soutien moral et leurs

Conseils :

A ma sœur « Houria », et mon beau-frère « Sofiane »

A mon frère « Tahar », et ma belle-sœur « Soumia Aida »

A mes adorables neveux « Mehdi » et « Ahmed Kamil »

A toute ma famille paternelle « Khelfat » particulièrement ma tante « Nadine » et ma famille maternelle « Guerroudja » en particulier ma grand-mère « Hassiba ».

A toi ma binôme « Wiam » avec qui j'ai connu des moments inoubliables pendant deux ans de travail acharné.

A mes amies « Amira » et « Imane » avec qui j'ai travaillé

A tous ceux que j'aime, et à tous ceux qui m'aiment.

Marwa

Dédicace -2-

Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions.

*Je dédie ce modeste mémoire A Mes Très Chers Parents source d'amour,
d'affection de générosité et de sacrifice, que dieu les garde.*

*A mon frère ALAA EDDINE tu étais toujours là pour me soutenir, m'encourager et
me guider avec les précieux conseils. Tous les mots du monde ne sauraient
exprimer l'immense amour que je vous porte.*

*A mes Chers Frères MOHAMED AMINE, HACEN ET HOUCINE et mes jolies
sœurs LILIA, et IMANE ; en témoignage de mon amour éternel que dieu vous
garde, vous protège et vous offre une vie pleine de joie et illumine vos chemins.*

*A mes meilleures amie IBTISSEM et ABD EL WAHAB ; Merci pour votre aide,
votre générosité, votre soutien qui ont été pour moi une source de courage et de
confiance.*

*A mes chers copines AMIRA et IMANE, ma chère binôme MARWA et sa famille ;
Merci pour votre patience, votre tolérance, et pour me partager les bons moments
ainsi que les mauvais.*

OUIAM

Résumé :

À l'heure où l'on cherche à réduire la consommation d'énergie pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, à mieux équilibrer la répartition entre les zones rurales et urbaines, à réduire les pollutions, à permettre à toutes les populations de bien vivre ensemble, les éco quartiers sont une solution qui s'inscrivent dans le processus du développement durable.

A l'instar de ce qui est appliqué au niveau international, le développement de l'activité touristique en Algérie est à la recherche d'un modèle de développement durable.

Dans cette perspective, notre travail va contribuer à mieux cerner les questions liant tourisme et environnement et à appréhender les nouvelles tendances du secteur. Par l'aménagement d'un éco-quartier à vocation touristique dans la ZET Ouest de Zéralda et la conception d'un Centre Océanographique, qui assure la médiation entre les acteurs scientifiques et étudiants d'une part et le grand public d'autre part et qui permet d'avoir l'optimum d'une ambiance visuelle à travers la maîtrise de l'éclairage naturel par les ouvertures. Cette démarche a fait l'objet d'une série de simulation via des logiciels afin de démontrer sa fiabilité.

Mots clés : les émissions de gaz à effet de serre, éco-quartiers, développement durable, tourisme, océanographique, confort visuel.

Abstract :

At a time when we are trying to reduce energy consumption to reduce greenhouse gas emissions, to better balance the distribution between rural and urban areas, to reduce pollution, to allow all populations to live well together, eco-neighborhoods are a solution that fits into the process of sustainable development.

Like what is applied internationally, the development of tourism activity in Algeria is in search of a model of sustainable development.

In this perspective, our work will help to better understand the issues linking tourism and the environment and to understand the new trends of the sector by the development of a tourist-oriented eco-district in the ZET West Zéralda and the design of a Oceanographic center which mediates between scientific and student actors on the one hand, and the general public on the other hand and which allows to have a direct visual link to the outside, which will be realized by an optimal visual comfort by favoring natural lighting through openings, this approach was the subject of a series of simulation via software to demonstrate its reliability.

Key words : greenhouse gas emissions ,eco-neighborhoods, sustainable development, tourism, oceanography, visual comfort.

ملخص

في الوقت الذي نسعى للحد من استهلاك الطاقة للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، لتحقيق التوازن على نحو أفضل التوزيع بين المناطق الريفية والحضرية، للحد من التلوث، لتمكين جميع الناس أن نعيش معا بشكل جيد، والأحياء البيئية هي الحل الذي تنسجم مع عملية التنمية المستدامة.

مثل ما يتم تطبيقه على الصعيد الدولي، وتنمية السياحة في الجزائر تبحث عن نموذج للتنمية المستدامة. من هذا المنظور، سيساعد عملنا على فهم القضايا التي تربط بين السياحة والبيئة بشكل أفضل وفهم الاتجاهات الجديدة في هذا القطاع. لتطوير وسيلة منطقة منظمة التعاون الاقتصادي للسياحة في غرب ZET زرالدة وتصميم مركز لعلوم المحيطات، التي تتوسط بين الجهات العلمية والطلاب من جهة والجمهور من جهة أخرى والذي يسمح للغلاف الجوي البصري الأمثل من خلال التمكن من ضوء النهار من خلال الفتحات. كان هذا النهج موضوع سلسلة من المحاكاة عبر البرامج لإثبات موثوقيتها. **كلمات البحث:** انبعاثات غازات الدفيئة، الأحياء البيئية التنمية المستدامة السياحة علوم المحيطات، والراحة البصرية.

Présentation du Master :

Préambule :

Pour assurer la qualité de vie des générations futures, la maîtrise du développement durable et des ressources de la planète est devenue indispensable. Son application à l'architecture, à l'urbanisme et à l'aménagement du territoire concerne tous les intervenants : décideurs politiques, maîtres d'ouvrage, urbaniste, *architecte*, ingénieurs, paysagiste,...

La prise en compte des enjeux environnementaux ne peut se faire qu'à travers une démarche globale, ce qui implique la nécessité de sensibiliser chaque intervenant aux enjeux du développement durable et aux tendances de l'architecture écologique et bioclimatique.

Pour atteindre les objectifs de la qualité environnementale, la réalisation de bâtiments bioclimatique associe une bonne intégration au site, économie d'énergie et emploi de matériaux sains et renouvelable ceci passe par une bonne connaissance du site afin de faire ressortir les potentialités bioclimatiques liées au climat et au microclimat, sans perdre de vue l'aspect fonctionnel, et l'aspect constructif.

La spécialité proposée permet aux étudiants d'approfondir leurs Connaissances de l'environnement physique (chaleur, éclairage, ventilation, acoustique) et des échanges établis entre un environnement donnée et un site urbain ou un projet architectural afin d'obtenir une conception en harmonie avec le climat.

La formation est complétée par la maîtrise de logiciels permettant la prédétermination du comportement énergétique du bâtiment, ainsi que l'établissement de bilan énergétique permettant l'amélioration des performances énergétique d'un bâtiment existant.

Objectifs pédagogiques :

Le master ARCHIBIO est un master académique visant la formation d'architectes, la formation vise à la fois une initiation à la recherche scientifique et la formation de professionnels du bâtiment, pour se faire les objectifs se scindent en deux parties complémentaires :

- * La méthodologie de recherche : initiation à l'approche méthodologique de recherche problématique ; hypothèse, objectifs, vérification, analyse et synthèse des résultats.
- * La méthodologie de conception : concevoir un projet en suivant une démarche assurant une qualité environnementale, fonctionnelle et constructive.

Méthodologie :

Après avoir construit l'objet de l'étude, formulé la problématique et les hypothèses ; Le processus méthodologique peut être regroupé en cinq grandes phases:

1- Elaboration d'un cadre de référence :

Dans cette étape il s'agit de recenser les écrits et autres travaux pertinents. Expliquer et justifie les méthodes et les instruments utilisés pour appréhender et collecter les données

2- Connaissance du milieu physique et des éléments urbains et architecturaux d'interprétation appropriés :

Connaissance de l'environnement dans toutes ses dimensions climatiques, urbaine, réglementaire;... pour une meilleur intégration projet.

3- Dimension humaine, confort et pratiques sociale :

La dimension humaine est indissociable du concept de développement durable, la recherche de la qualité environnementale est une attitude ancestrale visant à établir un équilibre entre l'homme et son environnement, privilégier les espaces de socialisation et de vie en communauté pour renforcer l'identité et la cohésion sociale.

4- Conception appliquées projet ponctuel :

L'objectif est de rapprocher théorie et pratique, une approche centré sur le cheminement du projet, consolidé par un support théorique et scientifique, la finalité recherchée un projet bioclimatique viable d'un point de vue fonctionnel, constructif et énergétique.

5- Evaluation environnementale et énergétique :

Vérification de la conformité du projet aux objectifs environnementaux et énergétique à travers différents outils : référentiel HQE, bilan thermique, bilan thermodynamique, évaluation du confort, thermique, visuel,...

Ismahen MAACHI

Porteur de Master

Table des matières :

Chapitre I : Chapitre introductif

I.	INTRODUCTION.....	20
II.	MOTIVATION DU CHOIX DU THEME.....	21
III.	PROBLEMATIQUE GENERALE.....	22
IV.	PROBLEMATIQUE SPECIFIQUE.....	23
V.	HYPOTHESES.....	24
VI.	OBJECTIFS.....	25
VII.	METHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	26
VIII.	STRUCTURE DU MEMOIRE.....	27

Chapitre II : Etat des connaissances

Partie 1 :

I.	DEFINITION DES CONCEPTS ENVIRONNEMENTAUX.....	29
I.1.	Environnement.....	29
I.2.	Ecologie.....	29
I.3.	Ecosystème.....	29
I.4.	Empreinte écologique.....	29
I.5.	Biodiversité.....	29
I.6.	Développement durable.....	32
II.	ECO-QUARTIER.....	32
II.1.	Définition d'un éco-quartier.....	32
II.2.	Les caractéristiques d'un éco-quartier.....	32
II.3.	La typologie des éco-quartiers.....	33
II.4.	La classification des éco-quartiers.....	33
II.5.	Les principes d'aménagement d'un éco-quartier.....	35
II.6.	Les objectifs des éco-quartiers.....	38
II.7.	Analyse des exemples.....	39

Partie 2 :

I.	PRESENTATION DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE.....	40
----	---	----

I.1. Définition de l'architecture bioclimatique.....	40
I.2. L'aperçu historique de l'architecture bioclimatique.....	40
I.3. Les objectifs de l'architecture bioclimatique.....	40
I.4. Les principes de l'architecture bioclimatique.....	41
I.5. Les paramètres passifs de l'architecture bioclimatique.....	42
I.6. Les paramètres actifs de l'architecture bioclimatique.....	54
I.7. La problématique énergétique en Algérie.....	55
I.8. Les labels de performance énergétique.....	56
I.9. Les labels de performance environnementale.....	58
I.10. La démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE).....	59
I.11. Les outils graphiques de l'analyse bioclimatiques.....	59
I.12. Les recommandations bioclimatiques selon les zones climatiques en Algérie.....	62
II. LA THEMATIQUE DU PROJET.....	63
II.1. Présentation du tourisme.....	64
II.2. Présentation de l'Océanographie.....	67
III. PRESENTATION DU BATIMENT.....	69
III.1. Définition d'un Centre Océanographique.....	69
III.2. Ses objectifs.....	69
III.3. Sa typologie.....	70
III.4. La programmation architecturale.....	70
IV. ANALYSE DES EXEMPLES.....	75
Partie 3 :	
I. PRESENTATION DU CONFORT VISUEL.....	78
I.1. La perception de la lumière.....	79
I.2. Lumière naturelle ou artificielle.....	79
I.3. La démarche d'une conception bioclimatique et une architecture solaire passive.....	80
II. PRESENTATION DU CONCEPT.....	84
II.1. Les caractéristiques physiques de la lumière naturelle.....	84
III. PRESENTATION DU PROCEDE.....	85

III.1. Stratégie de l'éclairage naturel par les ouvertures.....	86
III.2. Les paramètres de captage et de distribution de la lumière naturelle.....	91
III.3. Les caractéristiques du matériau de transmission.....	93

Chapitre III : Cas d'étude

Partie 1 : L'ECHELLE URBAINE

I. PRESENTATION DE L'ASSIETTE DU QUARTIER DURABLE.....	97
I.1. Présentation de la ville de Zeralda.....	97
I.1.1.Situation géographique.....	97
I.1.2.Composantes de la ville.....	98
I.1.3.Accessibilité à la ville.....	98
I.1.4.Potentialités.....	98
I.1.5.Analyse des données naturelles.....	99
I.2.Analyse climatique.....	101
I.2.1.Température.....	101
I.2.2.Ensoleillement.....	102
I.2.3.Humidité.....	103
I.2.4.Précipitations.....	103
I.2.5.Vents dominants.....	103
I.3.Analyse bioclimatique.....	104
II. LA DEMARCHE D'AMENAGEMENT DE L'ECO-QUARTIER.....	112
III.PRINCIPES ECOLOGIQUES.....	115

Partie 2 : L'ECHELLE ARCHITECTURALE

II.1. Présentation de la parcelle du projet architectural.....	119
II.2. Présentation du bâtiment.....	120
II.3. Justification du choix du type du bâtiment.....	120
II.4. Genèse de l'idée.....	121
II.5. Principes de conception.....	122
II.6. Les principes bioclimatiques intégrés au projet.....	123

II.7. Fonctionnement.....	125
II.8. Système structurel.....	127
II.9. Système constructif.....	127
II.10. Traitement des façades.....	129

Partie 3 : L'ECHELLE SPECIFIQUE

I. SIMULATION NUMERIQUE DU PROCEDE.....	130
I.1. Etude de cas.....	130
II. PREDETERMINATION DE LECLAIRAGE NATUREL.....	131
II.1. Outil d'aide.....	131
II.2. Protocol de simulation.....	131
IV.CONCLUSION GENERALE	140
BIBLIOGRAPHIE.....	141

Liste des figures :

Figure 1 : Schéma de méthodologie de recherche.....	26
Figure 2 : Les grandes dates clés du développement durable.....	31
Figure 3 : La classification historique des éco-quartiers.....	33
Figure 4 : La forme compacte d'un éco-quartier.....	34
Figure 5 : La forme verticale d'un éco-quartier.....	34
Figure 6 : La forme pavillonnaire d'un éco-quartier.....	34
Figure 7 : La forme traversante d'un éco-quartier.....	34
Figure 8 : Les principes d'aménagement à l'échelle de l'agglomération.....	35
Figure 9 : Les principes d'aménagement à l'échelle du quartier.....	36
Figure 10 : Les principes d'aménagement à l'échelle de la rue.....	37
Figure 11 : Les principes d'aménagement à l'échelle du bâtiment.....	37
Figure 12 : Les principes écologiques du quartier Eva Lanxmeer.....	39
Figure 13 : Les 3 piliers du quartier Eva Lanxmeer.....	39
Figure 14 : Les principes de base de l'architecture bioclimatique.....	41
Figure 15 : Stratégie du chaud dans une conception bioclimatique.....	42
Figure 16 : Stratégie du froid dans une conception bioclimatique.....	42
Figure 17 : L'implantation du bâtiment selon le site.....	43
Figure 18 : L'orientation du bâtiment selon la trajectoire du soleil.....	43

Figure 19 : Impact de l'éloignement d'une source de bruit de type voirie.....	44
Figure 20 : La règle du prospect.....	45
Figure 21 : Le retrait de la construction par rapport aux limites de la parcelle.....	45
Figure 22 : Allure d'un profil d'îlot de chaleur.....	45
Figure 23 : Divers albédos de la ville.....	46
Figure 24 : Evapotranspiration et ombre, les deux vertus de la végétalisation.....	47
Figure 25 : La ville un milieu contraint pour l'arbre.....	47
Figure 26 : Variation du coefficient de forme selon une géométrie type.....	48
Figure 27 : Le déphasage et l'amortissement d'un matériau inerte.....	49
Figure 28 : L'inertie thermique d'un matériau.....	50
Figure 29 : Valeurs moyennes du coefficient de déperditions (U_g) et du facteur solaire (g) de différents vitrages.....	51
Figure 30 : Types de protections solaires selon les orientations.....	52
Figure 31 : Configuration de ventilation naturelle.....	53
Figure 32 : Système de la réfrigération solaire passive et du chauffage solaire passif.....	53
Figure 33 : Les énergies renouvelables.....	55
Figure 34 : Le diagramme d'Olgyay.....	60
Figure 35 : Le diagramme de Givoni.....	60
Figure 36 : La gamme de confort de De Dear et de Brager.....	61
Figure 37 : Le diagramme des triangles d'Evans.....	62
Figure 38 : Le diagramme de Szokolay.....	62
Figure 39 : Les aspects du tourisme.....	64
Figure 40 : L'évolution de l'Océanographie dans le monde.....	68
Figure 41 : Les domaines de l'Océanographie.....	68
Figure 42 : Les objectifs du Centre Océanographique.....	69
Figure 43 : Les entités du Centre Océanographique.....	70
Figure 44 : Les questions fondamentales de la programmation architecturale.....	70
Figure 45 : Les différents types d'utilisateurs du Centre Océanographique.....	71
Figure 46 : La classification des fonctions du Centre Océanographique.....	71
Figure 47 : Les espaces majeures du Centre Océanographique.....	71
Figure 48 : Organigramme fonctionnel de l'entité Recherche scientifique / enseignement.....	72
Figure 49 : Organigramme fonctionnel de l'entité Vulgarisation et exposition / sensibilisation.....	72
Figure 50 : Organigramme fonctionnel de l'entité Détente / loisir.....	72
Figure 51 : Volume du Centre de Recherche.....	75

Figure 52 : Le programme qualitatif.....	75
Figure 53 : La quete de l'eau de la mer.....	75
Figure 54 : Le parc Océanographique de Valence.....	75
Figure 55 : Le programme qualitatif du parc Océanographique de Valence.....	75
Figure 56 : Volume du Centre De Recherche Maritime De Bali.....	76
Figure 57 : La hierarchisation des espaces selon les zones.....	76
Figure 58 : Plan du 3 ^{ème} et du 2 ^{ème} niveau sous la mer.....	76
Figure 59 : Plan du 1 ^{er} niveau sous la mer , plan du 1 ^{er} niveau sur la mer.....	76
Figure 60 : Plan du 2 ^{ème} ,3 ^{ème} plan sur la mer , Plan terrasse.....	76
Figure 61 : Laboratoire sous mer.....	76
Figure 62 : Le champ visuel vertical et horizontal de l'œil humain.....	79
Figure 63 : Facteur de réflexion des couleurs.....	79
Figure 64 : Schéma de démarche.....	80
Figure 65 : Diagramme solaire au pole Nord et au tropique de Cancer.....	81
Figure 66 : Ombre portée par une paroi ou un auvent.....	81
Figure 67 : La zone d'ombre portée.....	81
Figure 68 : Ombre portée par objet loin ou relief.....	82
Figure 69 : Le diagramme solaire.....	82
Figure 70 : Ombre portée par l'ensemble des façades de la rue.....	82
Figure 71 : Le diagramme solaire.....	82
Figure 72 : Décomposition du rayonnement.....	82
Figure 73 : La zone d'influence d'une ouverture.....	84
Figure 74 : Les quatre grandeurs photometriques de base.....	85
Figure 75 : La stratégie de l'éclairage naturel à travers l'ouverture.....	86
Figure 76 : La projection des courbes isolux.....	86
Figure 77 : Les valeurs d'éclairement E recommandées.....	86
Figure 78 : Calcul du FLJ.....	87
Figure 79 : Orientation des ouvertures.....	88
Figure 80 : Eclairage zénithal horizontal.....	88
Figure 81 : Inclinaison recommandée pour un type d'ouverture.....	88
Figure 82 : Le comportement d'ouverture latérale sous différents types du ciel.....	90
Figure 83 : Position des ouvertures sur la paroi et la comparaison du résultat de FLJ.....	90
Figure 84 : Position des ouvertures sur la paroi.....	90
Figure 85 : Comportement des systemes anidoliques et le FLJ obtenu.....	90

Figure 86 : Le comportement d'ouverture zénithale sous différents types du ciel.....	90
Figure 87 : La performance lumineuses des tabatières.....	90
Figure 88 : La performance et les dimensions recommandées des ouvertures en toiture.....	91
Figure 89 : Dimensionnement d'un atrium.....	91
Figure 90 : Dimensionnement d'un conduit de lumière.....	91
Figure 91: Variation de FLJ.....	92
Figure 92 : Etude comaprée de l'évolution du FLJ.....	92
Figure 93 : Eclairage optimisé par un vitage transparent.....	93
Figure 94 : Eclairage optimisé par vitrage opalcent.....	93
Figure 95 : Résultat d'éclairage obtenu suos un indice d'ouverture variable.....	94
Figure 96 : Influence de la menuiserie sur la surface d'ouverture.....	94
Figure 97 : Types de brises solaires architecturales	94
Figure 98 : Comparaison de FLJ sosu présence des masques proches.....	95
Figure 99 : Situation géographique de la commune de Zéralde.....	97
Figure 100 : La ZET Ouest de Zéralda.....	98
Figure 101 : L'accessibilité à la commune de Zéralda et la ZET Ouest.....	98
Figure 102 : les potentialités de la commune de Zéralda.....	98
Figure 103 : Cartes des pentes de la ville de Zéralda.....	99
Figure 104 : Types et classes du sol de la ville de Zéralda.....	99
Figure 105 : Carte pédalogique de la ville de Zéralda.....	100
Figure 106 : Classification sismique.....	100
Figure 107 : Moyenne des températures mensuelles et journalières.....	101
Figure 108 : Durée d'ensoleillement mensuelle.....	102
Figure 109 : Rayonnement global/Diffus.....	102
Figure 110 : Diagramme solaire de Zéralda.....	102
Figure 111 : Simulation d'ombre.....	102
Figure 112 : Variation de l'humidité relative.....	103
Figure 113 : Les précipitations mensuelles.....	103
Figure 114 : La direction des vents dominants.....	103
Figure 115 : La vélocité des vents durant l'année.....	103
Figure 116 : Le diagramme bioclimatique de Givoni.....	105
Figure 117 : La gamme de De Dear.....	106
Figure 118 : Les triangles d'Evans.....	109
Figure 119 : Le diagramme de Szokolay.....	110

Figure 120 : Les limites du site d'intervention.....	113
Figure 121 : Fixation des axes structurants.....	113
Figure 122 : L'accessibilité à l'éco-quartier.....	113
Figure 123 : Identification des nœuds.....	113
Figure 124 : Identification de l'espace central.....	113
Figure 125 : Identification des fonctions (Zoning).....	113
Figure 126 : Plan d'aménagement de l'éco-quartier.....	114
Figure 127 : La mobilité de l'éco-quartier.....	115
Figure 128 : La noue urbaine.....	115
Figure 129 : Exemple de dispositifs de gestion des eaux pluviales en milieu urbain.....	116
Figure 130 : Mode de traitement des eaux usées par le lagunage.....	116
Figure 131 : La gestion de l'eau dans l'éco-quartier.....	117
Figure 132 : Le fonctionnement de la collecte pneumatique.....	117
Figure 133 : La gestion des déchets dans l'éco-quartier.....	117
Figure 134 : La gestion des énergies renouvelables dans l'éco-quartier.....	118
Figure 135 : La gestion des espaces verts dans l'éco-quartier.....	119
Figure 136 : La parcelle d'intervention.....	119
Figure 137 : Plan d'aménagement du centre océanographique.....	121
Figure 138 : les principes bioclimatique intégrés au projet.....	122
Figure 139 : Le principe du mur rideau.....	123
Figure 140 : Moucharabieh.....	123
Figure 141 : Principes des matériaux à changement de phase.....	124
Figure 142 : Ombrière photovoltaïque.....	124
Figure 143 : Pavé générateur d'énergie.....	125
Figure 144 : Fonctionnement du Centre Océanographique.....	125
Figure 145 : Schéma de principes du fonctionnement d'un bassin.....	126
Figure 146 : Les plantes aquatiques et leurs milieux.....	126
Figure 147 : Système de filtration de l'eau de l'aquarium.....	126
Figure 148 : Le cycle d'azote de l'aquarium.....	126
Figure 149 : Façade-rideau.....	129
Figure 150 : Mur rideau traité par le moucharabieh.....	129
Figure 151 : Logiciel DIALUX , écran de contrôle et propriété	133
Figure 152 : La modélisation de 3D et les espaces.....	133
Figure 153 : Insertion des ouvertures.....	134

Figure 154 : Insertion des brises solaires.....	134
Figure 155 : Insertion des brises solaires.....	134

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les principes du développement durable et sa mise en œuvre	31
Tableau 2 : Les différents types des éco-quartiers	33
Tableau 3 : La classification formelle des éco-quartiers.....	34
Tableau 4 : Les objectifs d'un éco-quartier.....	38
Tableau 5 Les principes écologiques du quartier EVA.....	39
Tableau 6 : Les 3 piliers du quartier EVA.....	39
Tableau 7 : Les principes écologiques intégrés.....	39
Tableau 8 : La conductivité thermique et la résistance thermique.....	50
Tableau 9 : Les 5 familles des énergies renouvelables.....	54
Tableau 10 : Les organismes créateurs de labels de performance énergétique.....	56
Tableau 11 : Les labels de performance énergétique.....	57
Tableau 12 : Les labels de performance environnementale.....	59
Tableau 13 : Les recommandations bioclimatiques Algériennes spécifiques à la zone littorale...63	
Tableau 14 : Le programme surfacique du Centre Océanographique	73
Tableau 15 : Le diagramme solaire et le calcul d'ombre.....	81
Tableau 16 : Les principales grandeurs physiques.....	84
Tableau 17 : Valeurs de FLJ à atteindre selon la zone d'activité.....	87
Tableau 18 : Exigences de normes FLJ selon NF Bâtiments tertiaires.....	87
Tableau 19 : L'orientation des ouvertures.....	88
Tableau 20 : Pourcentage de l'indice du vitrage corrigé.....	89
Tableau 21 : La corrélation entre le, Ip et le FLJ selon la RT2000.....	89
Tableau 22 : Avantages, inconvénients et mise en œuvre des systèmes d'ouverture latérale.....	90
Tableau 23 : Avantages, inconvénients et mise en œuvre des systèmes d'étagère de lumière...90	
Tableau 24 : Avantages , inconvénients et mise en œuvre des systèmes anidoliques.....	90
Tableau 25 : Avantages , inconvénients et mise en œuvre des tabatières.....	91
Tableau 26 : Avantages , inconvénients et mise en œuvre des sheds et lanternaux.....	91
Tableau 27 : Avantages , inconvénients et mise en œuvre des atriums.....	91
Tableau 28 : Avantages , inconvénients et mise en œuvre des conduits de lumière.....	91
Tableau 29 : Avantages et inconvénients des brises solaires architecturales.....	95

Tableau 30 : Comparaison des températures du confort calculé.....	106
Tableau 31 : Les solutions passives intégrées lors de la conception bioclimatique.....	111
Tableau 32 : Les éléments structurels appliqués dans le projet.....	126
Tableau 33 : Les avantages du béton et de l'acier dans la construction.....	125
Tableau 34 : Le système constructif utilisé.....	125
Tableau 35 : Les niveaux d'éclairage recommandés.....	129
Tableau 36 : Pourcentage de FLJ recommandé.....	130
Tableau 37 : Types d'ouvertures.....	130

Liste des abréviations :

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

B.N.E.D.E.R : bureau national d'étude et de développement rural

C.N.E.R.U : Centre National d'Etude et de Recherche appliquée en Urbanisme

CGS : Centre National de recherches appliquées en génies parasismiques.

I.E.S : Illuminating Engineering Society

ICBE : Institut pour la Conception Eco responsable du Bâti

EPFL : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne,

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage

Météonorme : base de données météorologique mondiale

Chapitre I :

*Chapitre
introdudctif*

I-INTRODUCTION :

Depuis la fin du 20^{ème} siècle, la question du réchauffement climatique est devenue l'une des problématiques prioritaires sur laquelle l'humanité s'est penchée. C'est une affaire très sérieuse, car elle concerne l'avenir de notre planète. Partout dans le monde, on subit les méfaits du réchauffement climatique : canicule, pluies diluviennes, tempêtes ...etc. Les humains sont les principaux responsables de cette situation. Trop longtemps, les pays industrialisés ont pratiqué des modes de développement qui ont été préjudiciables à l'environnement, et qui, aujourd'hui occasionnent tout un ensemble d'effets néfastes sur le présent et le futur de l'humanité.

Les ressources rares de la terre s'épuisent, la production des déchets solides, liquides et toxiques pollue l'air, l'eau, les sols, menaçant la vie humaine. L'expansion et la congestion des villes, le manque de terrain pour construire, la non maîtrise de l'urbanisation et de l'étalement urbain sont quelques symptômes d'un développement non viable, où les tendances de la croissance démographique, de l'intensification de la consommation sont quelques facteurs qui aggravent ces symptômes. Les problèmes liés à cette urbanisation effrénée qui affectent tout le monde, nécessitent de se doter d'un projet neuf mobilisateur dont l'objectif primordial est l'amélioration des conditions de vie en milieu urbain.

Dans cette perspective, notre travail va contribuer par l'aménagement d'un éco-quartier à vocation touristique qui s'inscrit dans le cadre du développement durable et qui va participer à l'économie de l'Algérie qui dépend seulement de sa dépendance aux hydrocarbures. Le processus du développement urbain durable s'inscrit dans cette optique et se propose d'apporter une approche globale pour atteindre ce but.

L'augmentation des concentrations de (GES)¹ dans l'atmosphère entraîne une hausse de la température moyenne des océans. De plus l'absorption de grandes quantités de CO₂ entraîne une augmentation de l'acidité de l'eau. . Les conséquences de ce phénomène se sont déjà fait sentir, notamment par la mort de larges zones de récifs coralliens. Plus de 40 % des océans sont fortement affectés par les activités humaines et trop peu d'espaces marins restent encore vierges selon la première étude globale de l'impact de l'Homme sur les écosystèmes marins. Ce premier état des océans, publié dans le magazine Science du 15 février 2008, a été réalisé par une équipe de 19 chercheurs dirigé par Benjamin Halpern (NCEAS)² . L'étude montre que les espaces marins les plus affectés par les activités humaines sont la Mer du Nord, le sud et l'est de la mer de Chine, la

¹ GES : Gaz à effet de serre.

² NCEAS: National Center for Ecological Analysis and Synthesis.

mer Méditerranée, le bassin des Caraïbes, la côte est de l'Amérique du Nord, la Mer Rouge, le Golfe Persique, la mer de Béring et diverses régions occidentales du Pacifique.

Aujourd'hui, la prise de conscience environnementale et les défis écologiques poussent à redoubler de vigilance et d'efforts.

Notre participation à la préservation environnementale marine se traduit par notre projet colossal « Centre Océanographique », qui consiste à développer la connaissance scientifique du milieu marin et la rendre accessible au plus grand nombre dans le cadre du développement durable.

II-MOTIVATION DU CHOIX DU THEME :

L'activité touristique avant qu'elle ne soit l'un des biais d'équilibre de l'économie nationale, c'est d'abord une activité de détente et de loisirs pour l'ensemble de la population, elle est aussi un moyen important de mise en valeur des richesses naturelles, surtout si elle sera combinée avec un développement culturel et scientifique durable dans les différents domaines de vie.

L'Algérie a commencé à s'intéresser à ce secteur et à le considérer comme un appui majeur pour son développement économique, notamment avec la conjoncture actuelle, où elle veut se libérer de sa dépendance au secteur pétrolier et souhaite relancer et développer le secteur touristique, en exploitant judicieusement ses sites naturels.

Le cas de la wilaya d'Alger présente un aspect touristique qui lui confère une place de choix, notamment par la beauté et la diversité des paysages, reliefs, climat et microclimat, ce qui va offrir une nouvelle attitude spirituelle et sociale, nouvelle manière de penser et de vivre (nouvelle culture touristique).

La ville de Zéralda, qui fait partie de cette Wilaya se distingue par un support historique, naturel et socio-économique très riche, c'est justement la recherche d'une mise en valeur de ces derniers qui nous a motivé au choix de notre thème, en effet :

- ❖ **Sur le plan historique** : un axe très fréquent reliant la wilaya d'Alger, Tipaza et Blida, représente le noyau d'articulation entre ces trois entités, un noyau central pour toute la cote de l'Algérie, et est considérée comme la porte Ouest de la capitale.
- ❖ **Sur le plan naturel** : un milieu naturel riche et diversifié ; la mer méditerranée de 6 Km de long, dispose d'une potentialité touristique par excellence grâce aux équipements de détente et surfaces de loisir, qui entourent notre aire d'étude, cela renforce la vocation touristique dans cette zone. De la végétation et des terres agricoles à exploiter, les forêts qui forment un paysage favorable aux activités de loisirs et détente.
- ❖ **Sur le plan socio-économique** : Zéralda peut constituer une articulation entre les

structures socio-économiques existantes, et notre projet peut consolider et renforcer cette structure sociale, en s'inscrivant dans le cadre du tourisme balnéaire, culturel et durable.

III-PROBLEMATIQUE GENERALE :

Les villes représentent aujourd'hui un enjeu de taille en matière environnementale, car leur démographie croissante exerce une pression grandissante sur les ressources et sur l'environnement.

Les effets de la problématique urbaine s'avèrent traverser aujourd'hui l'ensemble des villes algériennes, parce que toutes ces villes subissent au quotidien les difficultés liées aux problèmes de mobilité, de pollution, de gestion des déchets, d'aménagement urbain, de logement, de relation entre les différents quartiers, de loisirs, d'animation urbaine, de participation citoyenne et le développement durable. La diversité architecturale, quant à elle, elle est de plus en plus défigurée surtout suite à la construction à la hâte du million de logements, qui est venu remplir la moindre parcelle disponible au sein et à proximité des agglomérations urbaines, sans se soucier de l'aspect paysager des futurs milieux urbains et sans études paysagères préalables, construire à l'horizontale, les caractéristiques des cités dortoirs avec des espaces sans âme, des répétitivités et des uniformités, ainsi que de la banalité architecturale avec l'absence d'espaces publics de rencontre et des aménagements paysagers et des espaces verts, ces logements une fois construits, irréversibles et catastrophiques en matière de développement durable.

Si l'univers de la gestion urbaine semble méconnu en Algérie, alors il est temps aujourd'hui de comprendre que l'amélioration de la gestion urbaine constitue un enjeu majeur du développement urbain durable, suite à tout cela nous sommes arrivées à poser la problématique qui suit :

Comment peut-on arrêter la régression urbaine et offrir au pays de véritables projets urbains ambitieux avec des quartiers qui favorisent le vivre ensemble ; ainsi que des espaces publics et où l'architecture urbaine constituera le patrimoine de demain ?

Par ailleurs, l'impact anthropique sur le littoral est complexe et insidieux, à la fois visible et invisible, le littoral algérien qui s'étend sur 1 622 kilomètres, il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière. Le littoral recèle d'atouts indéniables favorables à l'activité touristique. Depuis l'indépendance, et contrairement aux autres pays du pourtour méditerranéen, l'Algérie n'a pas accordé au secteur du tourisme un rôle conséquent dans ses différentes politiques de développement. En réalité, il n'existe aucune politique qui vise à gérer et à promouvoir le tourisme, encore moins d'une manière durable, actuellement la majorité des ZET ont été détournées de leur vocation initiale, leurs terrains d'assiettes ont servi pour implanter des lotissements et des coopératives immobilières.

Face à cette situation critique nous sommes arrivées à poser la problématique qui suit :

Par quel moyen peut-on combler ce déficit, améliorer l'état du milieu marin et sensibiliser nos citoyens à le mieux protégé ? Et quel équipement adéquat peut faire de son territoire une destination bleue à caractère touristique, scientifique et culturelle, tout en s'inscrivant dans une démarche bioclimatique durable ?

IV-PRPBLEMATIQUE SPECIFIQUE :

L'homme demande en général des conditions autres que celles de climat environnant, la construction d'un bâtiment crée alors un climat intérieur propre à satisfaire le confort de l'homme lui-même. Ce dernier sera satisfaisant lorsque simultanément il assure : le Confort hygrothermique, olfactif, visuel et acoustique.

La première décision qu'un architecte doit prendre lorsqu'il doit faire face à un nouveau projet, concerne l'éclairage naturel. Cette décision est au cœur de la stratégie de conception d'un bâtiment puisque ses conséquences affectent toutes les décisions qui seront prises par la suite en termes de profondeur des espaces, hauteur des étages, taille des ouvertures, systèmes de chauffage et matériaux de construction. Il est donc important que l'architecte puisse disposer, dès la phase d'esquisse, d'informations suffisantes sur le climat lumineux du site d'implantation du projet ainsi que tous les détails architecturaux sur le projet lui-même.

Un confort lumineux optimal dépend de facteurs tout aussi variés que le type d'activité pratiqué, la configuration des lieux, l'âge et les particularités de la personne...etc. La notion de confort est personnelle et multicritère, la lumière permet en effet de voir, de trouver, d'observer. Par ailleurs, trop de lumière, une lumière mal adaptée, mal placée, mal orientée peut s'avérer gênante. Il s'agit donc d'avoir la bonne lumière au bon endroit ; tandis qu'un mauvais éclairage, qu'il soit naturel ou artificiel engendre, à plus ou moins long terme, une fatigue, voire même des troubles et une sensation forte d'inconfort. C'est pour cela, la lumière se positionne par rapport à l'architecture à la fois comme un outil de conception et aussi comme un facteur technique. L'étude de l'éclairage naturel doit intégrer les deux voies, artistique et scientifique. Mais il y a un certain nombre de considérations que le concepteur doit absolument prendre en compte de manière à proposer avec succès un environnement attractif et confortable ; ce sont ces principes que nous développons dans la partie spécifique de notre travail. Car un Centre Océanographique se distingue par rapport à d'autres projets par sa diversité en besoins qualitatifs, chaque espace demande un confort visuel propre à lui et cela en dépend de son type d'activité.

Notre but est de donner une stratégie et des outils pratiques pour concevoir des ambiances lumineuses intérieures de qualité, c'est pourquoi on a posé la problématique qui suit :

Comment peut-on alors garantir ce niveau d'éclairage optimal, et quels sont les paramètres et leurs seuils que doivent être traités et appliqués à l'échelle architecturale de notre projet ?

V-HYPOTHESES :

Dans notre projet, un centre océanographique l'étude sera consacrée sur le confort visuel via la lumière naturelle, la source lumineuse la plus efficace, vu que ce type des projets architecturaux dispose d'une variété des espaces nécessitant chacun d'entre eux un besoin en éclairage spécifique tels que les ateliers, les laboratoires scientifiques, les salles d'exposition ainsi que les aquariums ...etc. Sur cette base, nous proposons une étude spécifique et technique des ambiances architecturales, tout en l'insérant dans une approche environnementale globale. Elle est centrée sur l'étude des multiples interactions entre la conception d'un projet spécifique, les ambiances intérieures et les usagers de ce dernier.

Il faut toutefois souligner que l'admission de la lumière naturelle dans ce type de locaux doit assurer à la fois le confort visuel des usagers, mais aussi l'économie d'énergie. Pour cela, le choix de la stratégie d'éclairage naturel est très important et doit dépendre du climat lumineux de la région ainsi que des exigences de la tâche visuelle à accomplir dans ces locaux. On peut cependant définir un certain nombre de points particuliers sur lesquels influencer au niveau du bâtiment : le niveau d'éclairage, la luminance, les contrastes et couleurs, le spectre lumineux, les vues vers l'extérieur, la mise en évidence des formes et reliefs des objets ou éléments d'architecture.

Un dimensionnement et une répartition correcte des ouvertures permettront de limiter les besoins en éclairage artificiel, c'est pour cela nous essayerons de mettre l'accent sur :

1. La surface (les dimensions des ouvertures) : la forme de l'ouverture permet d'augmenter le confort visuel en limitant le risque d'éblouissement et les zones d'ombre,
2. La position des ouvertures (latéral, bilatéral, zénithal) : la visibilité change selon la direction lumineuse : l'arrivée de la lumière directionnelle, non directionnelle, ou une pénétration latérale.

VI-OBJECTIFS :

C'est l'homme qui est la principale cause de la dégradation de l'environnement. Mais il continue à le nier. Cependant, en niant sa part de responsabilité en tant que sur-consommateur, il accumule les problèmes pour les générations à venir. Il doit impérativement prendre ses responsabilités vis-à-vis de l'environnement et pour ne pas amplifier ce phénomène et améliorer la préservation de notre environnement, il faut faire évoluer les comportements par l'information et la sensibilisation. Notre travail apporte sa contribution par :

- ❖ Réduire les émissions de gaz à effet de serre ;
- ❖ Préserver les écosystèmes ;
- ❖ Intégrer le développement durable dans la conception et l'économie de la construction ;
- ❖ Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments en favorisant les principes de l'architecture bioclimatique ;
- ❖ Informer et vulgariser la connaissance scientifique par l'ouverture de nouveaux espaces ;
- ❖ L'action se développe sur plusieurs fronts avec une panoplie d'outils de communication ;
- ❖ Mieux connaître l'environnement marin pour un développement touristique culturel durable afin de mieux le protéger par la suite ;
- ❖ Mettre en place des solutions architecturales et techniques pour éviter les effets néfastes sur la santé des occupants et assurer leur confort tout en limitant l'impact environnemental du bâtiment ;
- ❖ Assurer le confort visuel au moyen de la lumière naturelle ;
- ❖ Optimiser l'apport de lumière naturelle pour limiter les consommations d'énergie liées à l'éclairage et au bien-être des occupants ;
- ❖ Minimiser la demande en énergie liée à l'éclairage artificiel comme complément à la lumière naturelle en assurant le confort visuel des occupants.

VII-METHODOLOGIE DE RECHERCHE :

Notre travail s'est effectué selon la méthodologie suivante ; (Fig.1).

1-Approche introductive : Elle montre l'état de l'art en ce qui concerne le sujet c'est-à-dire qu'elle rapporte d'une manière synthétique, les différents travaux ayant été faits en ce qui concerne le sujet d'étude. Ceci va conduire à la formulation de la problématique de recherche (générale et spécifique).

2-Approche thématique : Elle portera sur le thème du notre projet, elle permettra d'approfondir notre connaissance et déterminer les différentes définitions et recommandation c'est une étape charnière qui permet le passage vers les chapitres qui suivent.

3-Approche analytique : Elle est nécessaire avant d'entamer n'importe quel projet architectural, on peut la considérer comme une source d'inspiration et d'orientation afin que le futur projet soit fonctionnel, efficace et performant.

4-Approche programmatique : Elle comportera la programmation quantitative qui définira le programme spécifique des espaces, et la programmation qualitative qui décrit les besoins, et les exigences de conception de certains espaces.

5-Approche urbaine : Elle permet la structure urbaine dans toutes ses dimensions : physique, morphologique, sociodémographique, économique, culturelles ...etc.

6-Approche architecturale : Elle consiste à tirer tous les enseignements des phases précédentes afin d'arriver à la conception d'un projet performant et durable.

7-Approche technique : Elle traitera l'aspect technologique du projet en étudiant le système constructif, les matériaux de construction et les différents corps d'état.

8-Conclusion : Elle couronne toute la recherche qui a été faite afin de réaliser ce travail ; et la réponse à une question ouvre toujours la voie à une autre perspective de recherche.

Figure 1 : Schéma de méthodologie de recherche ; **Source :** Auteurs.

VIII-STRUCTURE DU MEMEOIRE :

Pour atteindre nos objectifs, nous avons structuré ce mémoire en trois chapitres :

❖ Chapitre introductif :

Dans ce chapitre nous avons élaboré un socle solide constitué d'éléments, à partir desquels nous avons pu développer notre travail, nous l'avons entamé par une introduction générale qui donne une idée globale mais contextuelle sur notre mémoire puis nous avons élaboré notre problématique qui reflète notre réflexion à différentes échelles mais également notre raisonnement vis-à-vis des points sensibles qui se traduit en question. .des hypothèses ont été construites par la suite qui vont être vérifiées à la fin de notre travail.

❖ Chapitre de l'état des connaissances :

Dans ce chapitre, nous allons essayer d'apporter des éclaircissements et une meilleure connaissance de notre thème en commençant par l'échelle globale vers l'échelle spécifique qui est l'éclairage naturel et les systèmes existants, en passant par l'échelle architecturale qui est notre projet. En tirant des recommandations qui nous permettront de cerner toutes les exigences liées à ce dernier.

Une analyse d'exemples des projets similaires et une étude déjà faite dans le thème de confort visuel permettra de positionner notre contribution.

❖ Chapitre de cas d'étude :

Dans ce chapitre, on va projeter nos études sur le site en passant par la macro qui signifie l'échelle urbaine et l'analyse bioclimatique du site puis vers l'échelle micro qui est le projet architectural après l'interprétation des besoins quantitativement et qualitativement; ici nous allons présenter notre projet sur différents niveaux : le fonctionnement, la structure et les principes intégrés dans le projet.

Dans ce dernier chapitre nous allons réaliser aussi une série de simulation qui traitera l'aspect technologique du projet en étudiant le système constructif et les techniques bioclimatiques

Sur notre nouveau système, et à partir des résultats obtenus, nous allons tirer des conclusions et formuler des recommandations.

Chapitre II :
Etat des
connaissances

Introduction :

Le thème est un élément vital pour le langage architectural ; il n'est donc pas possible d'entamer une conception architecturale sans avoir des connaissances et maximum d'information sur le projet puisque cette approche représente une source d'inspiration créative de l'architecture. Ainsi notre recherche thématique a pour but d'élaborer un socle de données afin de déterminer le principe ; l'évolution et les besoins du thème ainsi que les activités qui s'y déroulent et les types des espaces qui s'y adaptent.

Partie 1 :

I-DEFINITIONS DES CONCEPTS ENVIRONNEMENTAUX :

I-1-Environnement : L'environnement est l'ensemble des éléments qui constituent le voisinage d'un être vivant ou d'un groupe d'origine humaine, animale ou végétale et qui sont susceptibles d'interagir avec lui directement ou indirectement. C'est ce qui entoure, ce qui est aux environs.

I-2-Ecologie : L'écologie est la science qui étudie les milieux et les conditions d'existence des êtres vivants et les rapports qui s'établissent entre eux et leur environnement, ou plus généralement avec la nature.

I-3-Ecosystème : Un écosystème est un ensemble dynamique d'organismes vivants (plantes, animaux et micro-organismes) qui interagissent entre eux et avec le milieu (sol, climat, eau, lumière) dans lequel ils vivent.

I-4-Empreinte écologique : L'empreinte écologique est une estimation de la surface terrestre nécessaire pour subvenir à ses besoins : cet indicateur est une mesure de la pression qu'exerce l'Homme sur la nature.

I-5-Biodiversité : La biodiversité, mot composé des mots « bio » et « diversité », est la diversité de la vie sur la Terre. Elle s'apprécie en considérant la diversité des écosystèmes, des espèces et des gènes dans l'espace et dans le temps, ainsi que les interactions au sein de ces niveaux d'organisation et entre eux.

I-6-Développement durable :

I-6-1-Définition du développement durable :

La définition reconnue du développement durable est celle du rapport (Brundtland, 1987) : « Le développement durable est le développement qui satisfait les besoins de la génération actuelle sans priver les générations futures de la possibilité de satisfaire leurs propres besoins. »

I-6-2 –Les six dimensions du développement durable :

La littérature générale présente trois dimensions du développement durable (économique, environnementale et sociale). Les instances internationales de la francophonie et des autres instances comme celle des Cités et Gouvernements Locaux Unis-Commission de culture (CGLU) incluent maintenant la culture comme dimension complémentaire et essentielle au développement concerté et durable. L'Institut de la Francophonie pour le développement durable (IFDD) avec la Chaire en Éco-Conseil de l'Université du Québec à Chicoutimi intègrent dans leur grille d'analyse de projets toutes les dimensions dont celles de la gouvernance et de l'éthique. Les six dimensions font référence à ISO 26000³.

I-6-2-a-Environnementale : Maintenir l'intégrité de l'environnement pour assurer la santé et la sécurité des communautés humaines et préserver les écosystèmes qui entretiennent la vie.

I-6-2-b-Sociale : Assurer l'équité sociale pour permettre le plein épanouissement de toutes les femmes et de tous les hommes, l'essor des communautés et le respect de la diversité.

I-6-2-c-Economique : Viser l'efficacité économique pour créer une économie innovante et prospère, écologiquement et socialement responsable.

I-6-2-d-Culturelle : À travers le partage de valeurs communes, la culture joue le rôle d'un puissant vecteur de cohésion sociale et de construction de la citoyenneté.

I-6-2-e-Gouvernance : La gouvernance de l'organisation est le facteur le plus important, car il permet à une organisation d'assumer la responsabilité des impacts de ses décisions et de ses activités, et d'intégrer la responsabilité sociétale en son sein et dans ses relations.

I-6-2-f-L'éthique : L'éthique repose donc sur un système de valeurs qui permet de déterminer des idéaux à poursuivre, des attitudes et des comportements à adopter, des normes et règles à fixer et qui a pour but d'orienter, de cadrer et d'harmoniser les actions et les décisions individuelles et collectives.

I-6-3-Aperçu historique du développement durable :

Le concept de développement durable s'est surtout construit au cours des trois dernières décennies du XX^e siècle. Les années 60 ont été marquées par le constat que les activités économiques génèrent des atteintes à l'environnement (déchets, fumées d'usine, pollutions des cours d'eau, etc.)

Le schéma ci-dessous présente les dates clés de la naissance du développement durable ;(Fig.2).

³ ISO 26000 : La norme ISO 26000 est une norme ISO relative à la responsabilité sociétale des organisations, c'est-à-dire qu'elle définit comment les organisations peuvent et doivent contribuer au développement durable. Elle est publiée depuis le 1er novembre 2010.

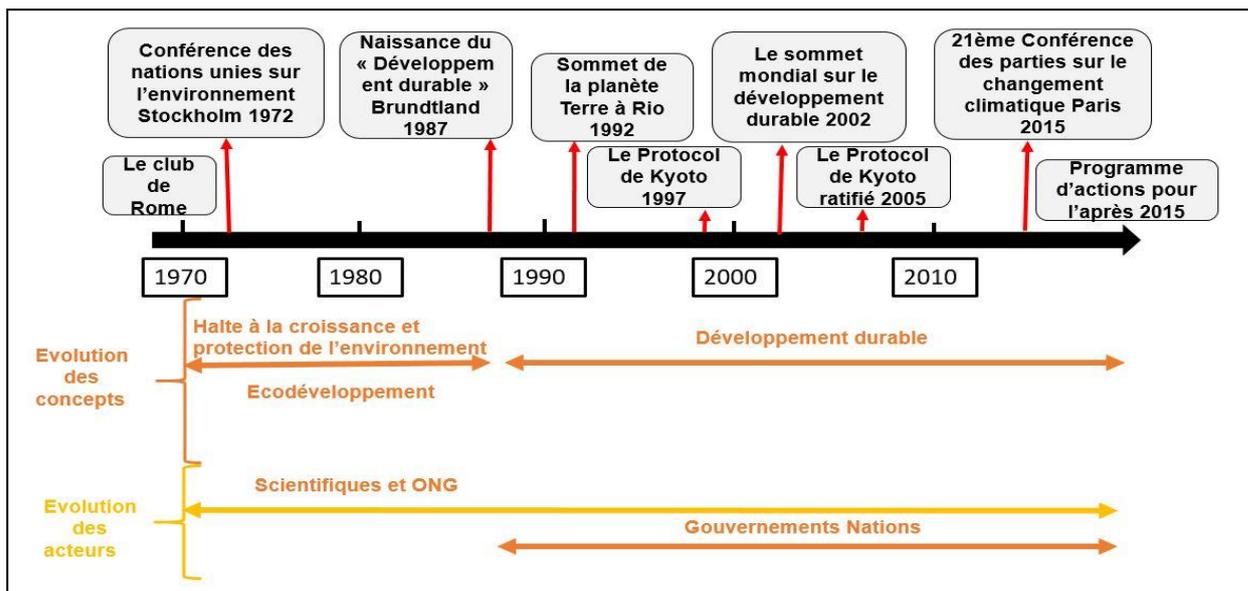


Figure 2 : Les grandes dates clés du développement durable ; **Source :** Auteurs.

I-6-4-Les principes généraux du développement durable :

Il est possible de définir cinq grands principes qui sous-tendent tout autant la mise en œuvre de cette notion ; (Tab.1).

Tableau 1 : Les principes du développement durable et sa mise en œuvre ; **Source :** Auteurs.

<i>Principe</i>	<i>La mise en œuvre</i>
1. Intégration de l'environnement et de l'économie	À ce titre, divers instruments ou politiques économiques peuvent favoriser le développement durable, ou à tout le moins conduire à une utilisation plus environnementale des ressources. Ces instruments ou politiques, par exemple l'approche pollueur-payeur ou consommateur-payeur, peuvent être orientés autant vers les producteurs que vers les consommateurs et les contribuables, et permettre au marché de fixer correctement le coût global de l'utilisation des ressources.
2. Préservation de la diversité biologique et conservation des ressources naturelles	La réalisation du développement durable suppose que l'on puisse préserver la diversité biologique, maintenir les processus écologiques et les systèmes entretenant la vie, et utiliser de façon durable les espèces et les écosystèmes. C'est donc dire qu'un développement basé sur la conservation des ressources nécessite le recours à des mesures énergiques qui permettront de protéger la structure, les fonctions et la diversité des systèmes naturels dont dépend la vie
3. Précaution, prévention et évaluation	Elles doivent faire partie intégrante de la planification et de la réalisation de tout projet de développement. Planificateurs et décideurs doivent développer le réflexe de prévoir et de prévenir les conséquences environnementales des projets.
4. Concertation, partenariat et participation	La consultation et la concertation à tous les échelons décisionnels sont indispensables à la gestion durable des ressources des écosystèmes terrestres, aquatiques et marins. Il incombe à tous les États et à toutes les nations de collaborer de bonne foi et dans un esprit de partenariat à la mise en œuvre de stratégies efficaces pour protéger, préserver et restaurer l'environnement. Tous doivent participer activement et faire leur juste part, compte tenu de leur capacité et des moyens dont ils disposent.
5. Éducation, formation et sensibilisation	Pour ce faire, les États doivent, de leur côté, élaborer des stratégies visant à mieux éduquer, informer et sensibiliser leur population en matière d'environnement et de développement durable.

I-6-5-Les Objectifs du développement durable :

Un Programme de développement durable à l'horizon 2030 a été adopté en septembre 2015 par les Nations unies après plusieurs années de négociations entre pays et de consultations de la société civile. Définissant 17 Objectifs de développement durable (les « ODD ») déclinés en 169 cibles et 300 indicateurs, il fait suite à l'Agenda 21⁴ de Rio, adopté en 1992 lors du Sommet de la Terre qui avait donné naissance aux Agendas 21 territoriaux et aux stratégies nationales de développement durable. Les 17 Objectifs de développement durable, dont le mot d'ordre est de « ne laisser personne de côté » vont plus loin que les précédents Objectifs du millénaire pour le développement : ils constituent un programme universel, à mettre en œuvre par tous les pays, en fonction de leurs capacités, y compris les pays riches ; (Voir Annexe -I-).

L'un des grands défis de ce siècle est de mettre notre civilisation en accord avec la nature. La population humaine ne cesse de croître, les ressources naturelles s'amenuisent. Notre mode de vie, basé sur une économie de consommation soutenue, génère de plus en plus de déchets recyclables ou non par la nature. S'y ajoute la recherche d'une certaine équité entre les nations. Dès lors, comment ajuster l'adéquation entre économie, social et environnement ? Et pourrions-nous maintenir durablement un tel équilibre ?

II-ECO-QUARTIER :

II-1-Définition d'un éco-quartier :

Un éco-quartier est un projet d'aménagement urbain durable initié dès la fin du XX^e siècle , essentiellement dans les pays du nord et du centre de l'Europe, dont on respecte une somme des règles environnementales, sociétales et économiques.

II-2-Les caractéristiques d'un éco-quartier :

Dans ses principales caractéristiques, un éco-quartier doit être un quartier :

- ❖ Défini, avec un centre et des limites.
- ❖ Compact, pour assurer une densité durable et limiter son impact sur le territoire.
- ❖ Complet, pour limiter les déplacements, faciliter les échanges et améliorer la qualité de vie.
- ❖ Connecté, au voisinage et à la ville.
- ❖ Autonome dans son fonctionnement et en solidarité sociale.
- ❖ Qui facilite les liens homme-nature et homme-homme.
- ❖ Qui répond aux enjeux globaux et locaux avec un bilan environnemental positif.

⁴ L'Agenda 21 de Rio : On appelle Agenda 21 ou Action 21, le plan d'action pour le XXI^e siècle qui a été adopté par plus de 170 chefs d'Etat lors du Sommet de la Terre qui s'est déroulé en 1992 à Rio de Janeiro (Brésil).

II-3-La typologie des éco-quartiers :

Les éco-quartiers peuvent être catégorisés selon 7 types classés dans le tableau ci-dessous ; (Tab.2).

Tableau 2 : Les différents types des éco-quartiers ; **Source :** Auteurs.

Type	Caractéristiques
1. Eco-village	Ce sont des projets de villages ou hameaux basés sur le territoire, l'agriculture, la constitution de petites entreprises et sur le tourisme local.
2. Télé-village	A l'inverse du précédent, ce modèle, plutôt rural ou semi-rural, n'est pas forcément basé sur le territoire mais sur les télécommunications.
3. Prototype expérimental	Ce sont des projets expérimentaux souvent produits dans le cadre de compétitions ou impulsés par des objectifs de recherche initiés par les gouvernements locaux ou nationaux.
4. Eco-communautés urbaines	Les éco communautés sont davantage basées sur des idéaux sociaux qu'uniquement sur des innovations techniques.
5. Îles urbaines écologiques	Les îles urbaines écologiques sont des développements urbains de grande échelle « nouvelles villes » basés sur la circulation et la mobilité.
6. Unités urbaines écologiques	Les unités urbaines écologiques abordent systématiquement, au contraire des autres typologies, les problématiques écologiques à l'échelle de la ville à travers des objectifs clairement établis.
7. Quartier type	Ce sont des projets de quartiers initiés d'une manière classique et mobilisant des outils ordinaires de la construction et de l'aménagement, mais qui intègrent en sus des objectifs de qualité environnementale.

II-4-La classification des éco-quartiers :

II-4-1- La classification historique des éco-quartiers :

D'un point de vue chronologique, (Boutaud, 2009) distingue trois générations d'éco-quartiers, à savoir ; (Fig.3).

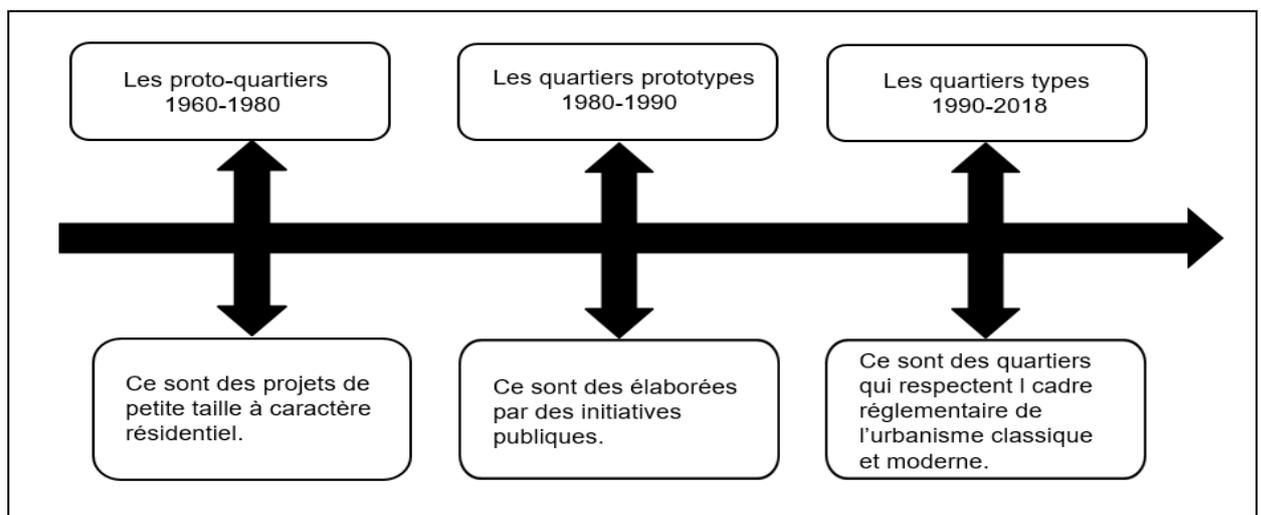
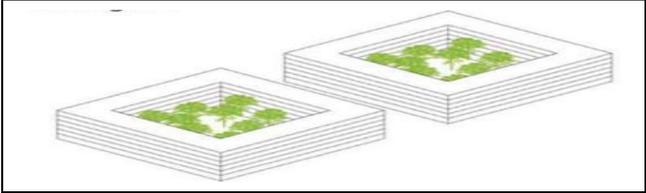
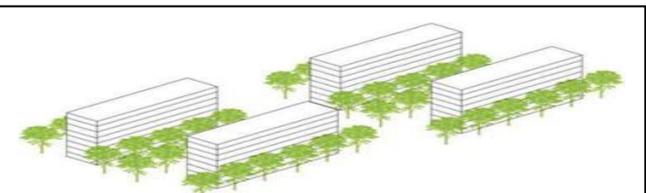
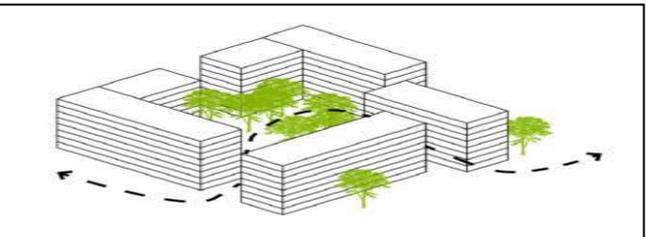


Figure 3 : La classification historique des éco-quartiers ; **Source :** Auteurs.

II-4-2-La classification formelle des éco-quartiers :

On peut classer les éco-quartiers selon quatre formes urbaines génériques ; (Tab.3).

Tableau 3 : La classification formelle des éco-quartiers ; **Source :** Auteurs.

<i>Forme</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Schéma descriptif</i>
compacte	Des espaces plus denses et une circulation limitée.	 <p>Figure 4 : La forme compacte d'un éco-quartier ; Source : Grace-Yepez-Salmon ,2011</p>
verticale	Les bâtiments sont implantés selon le tracé des voies.	 <p>Figure 5 : La forme verticale d'un éco-quartier ; Source : Grace-Yepez-Salmon ,2011</p>
pavillonnaire	Les bâtis qui se réunissent en un îlot forment une sorte de pavillon d'éléments identiques dirigé par une direction invariable mais un degré de répétition est variable.	 <p>Figure 6 : La forme pavillonnaire d'un éco-quartier Source : Grace-Yepez-Salmon ,2011</p>
Traversant	Les formes de I, L et T ou leur organisation provoque un flux traversant à travers les rues et les espaces libres qui sont inclus entre les différents éléments en hauteurs.	 <p>Figure 7 : La forme traversante d'un éco-quartier ; Source : Grace-Yepez-Salmon, 2011</p>

II-5-Les principes d'aménagement d'un éco-quartier :

On peut définir 33 principes pour mieux planifier les éco-quartiers :

II-5-1- T. Principes transversaux :

T1.De façon à en réduire les couts de construction, d'utilisation, d'entretien et de remplacement ;

T2.Dans les modes de gestion et de prise de décision, pour accroitre l'expertise publique et créer des collectivités à l'image de leurs habitants ;

T3.Pour minimiser les impacts du milieu bâti sur l'écosystème naturel et conserver ses systèmes régulateurs ;

T4.Pour faire face aux changements démographiques et économiques et aux risques naturels et climatiques.

II-5-2- A. Echelle de l'agglomération :

A1.Pour renforcer les corridors d'urbanisation existants et limiter les besoins en nouvelles infrastructures ;

A2.Pour conserver les espaces productifs, favoriser l'alimentation de proximité et réduire la pression sur le territoire agricole ;

A3.Pour conserver les écosystèmes et faciliter l'accès à des milieux naturels a proximité des espaces bâtis ;

A4.Pour favoriser la mobilité durable et assurer l'efficience du transport en commun ;

A5.Pour éviter l'enclavement, les ségrégations spatiales et les discontinuités de l'urbanisation ; (Fig.8).

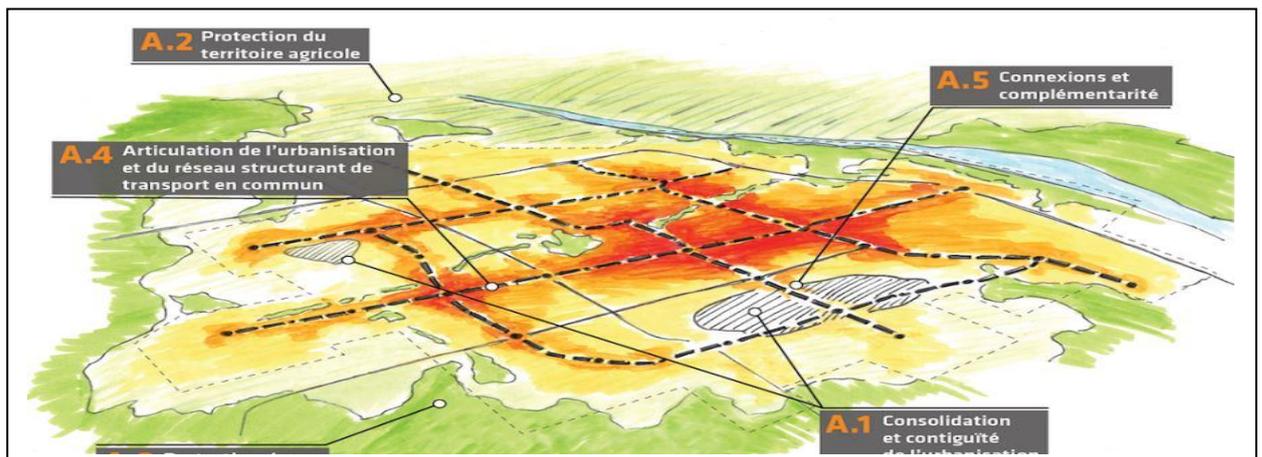


Figure 8 : Les principes d'aménagement à l'échelle de l'agglomération ; **Source :** Site Web ; objectifecoquartiers

II-5-3- Q. Echelle du quartier :

Q1.Pour assurer la viabilité des commerces et des services de proximité et limiter l'étalement urbain ;

Q2.Pour réduire les besoins de déplacement et contribuer au dynamisme économique et social du quartier ;

Q3.Pour assurer l'accessibilité des commerces et services du quotidien ;

Q4.Pour favoriser les déplacements actifs et assurer l'accessibilité des activités ;

Q5.Pour créer de la convivialité et donner accès à tous à des espaces de récréation de qualité (places et parcs) ;

Q6.Pour assurer une mixité socio-économique et favoriser la résilience du quartier ;

Q7.Pour rendre l'utilisation du transport en commun efficace et convivial et permettre un accès facile à toute l'agglomération ;

Q8.Pour rendre les déplacements à vélo pratiques et sécuritaires et permettre un accès facile aux destinations ;

Q9.Pour réduire les frais d'exploitation, optimiser l'utilisation des ressources et réduire la production des déchets ultimes ;(Fig.9).



Figure 9 : Les principes d'aménagement à l'échelle du quartier ; **Source :** Site Web ; objectifecoquartiers

II-5-4- R. Echelle de la rue :

R1.Pour rendre les déplacements à pied faciles et sécuritaires ;

R2.Pour rendre les déplacements à vélo faciles et sécuritaires ;

R3.Pour créer un milieu de vie à échelle humaine et favoriser les interactions sociales ;

R4.Pour améliorer la sécurité et le confort pour les piétons et cyclistes, et favoriser les interactions de voisinage ;

R5.Pour augmenter le confort et le sentiment de sécurité ;

R6.Pour stimuler l'animation de la rue ;

R7.Pour encadrer les cheminements piétons et favoriser l'animation de la rue ;

R8.Pour optimiser l'utilisation de l'espace urbain et rendre plus agréable les déplacements à pied ; (Fig.10).

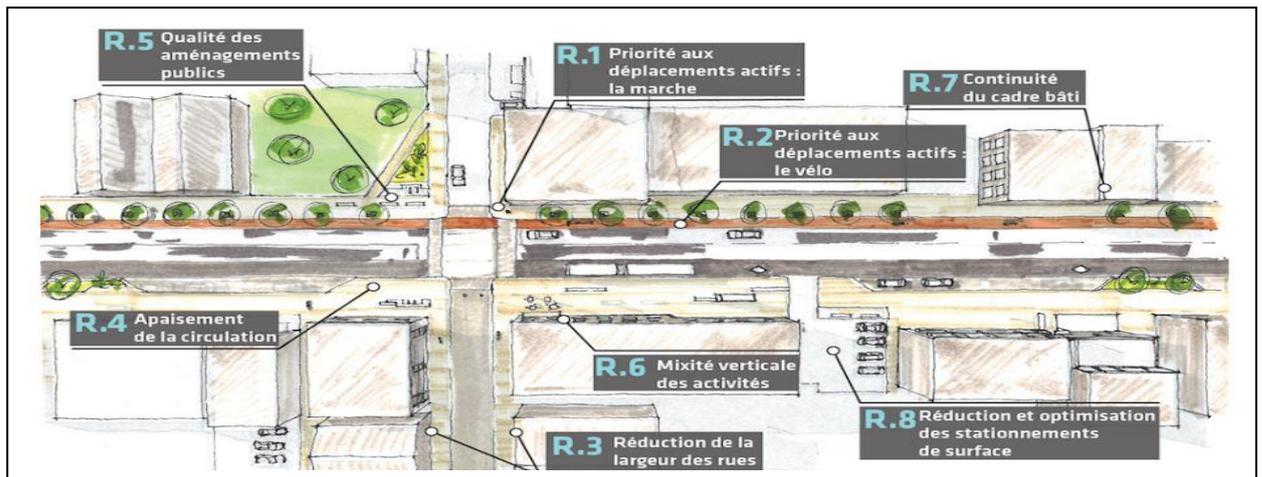


Figure 10 : Les principes d'aménagement à l'échelle de la rue ; **Source :** Site Web ; objectifecoquartiers

II-5-5- B. Echelle du bâtiment :

B1. Pour assurer un accueil optimal des résidents, travailleurs et visiteurs ;

B2. Pour réduire l'empreinte écologique des bâtiments sur l'ensemble de leur cycle de vie ;

B3. Pour tirer profit de l'énergie disponible et limiter au maximum les besoins énergétiques lors de l'utilisation des bâtiments ;

B4. Pour réduire la consommation d'énergie et, à terme, se passer du recours aux énergies fossiles pour l'opération du bâtiment ;

B5. Pour contribuer à la création d'un patrimoine bâti et répondre à la diversité des goûts et des besoins ;

B6. Pour assurer l'échelle humaine, l'animation et la convivialité de la rue ;

B7. Pour faciliter l'accès aux bâtiments pour tous et à moindre coût ; (Fig.11).

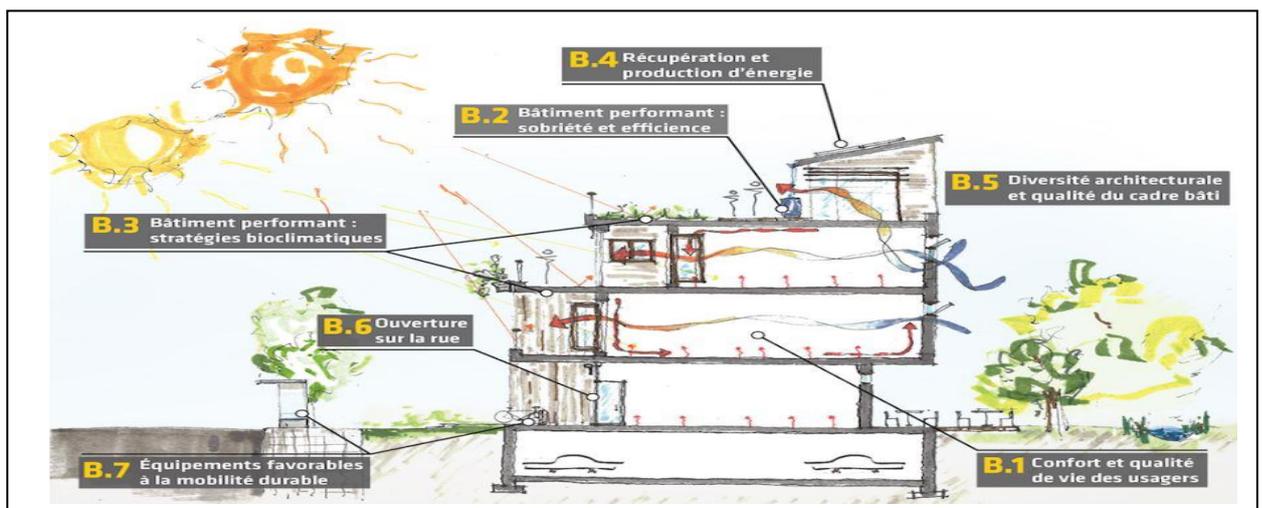


Figure 11 : Les principes d'aménagement à l'échelle du bâtiment ; **Source :** Site Web ; objectifecoquartiers

II-6-Les objectifs d'un éco-quartier :

L'aménagement urbain des quartiers est une source majeure d'impacts, les éco-quartiers représentent en cela une source d'opportunités nouvelles. Les réponses sont très variées et à différents niveaux : environnemental, socio-économique, culturel, spatial et technique. Pour comprendre les solutions proposées dans les éco-quartiers, nous pouvons les regrouper sous cinq thématiques listées ci-après ;(Tab.4).

Tableau 4 : Les objectifs d'un éco-quartier ; **Source :** Auteurs.

<i>Thématique</i>	<i>Objectifs</i>
<i>Protection de l'environnement</i>	Réduction des émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) et préservation des ressources.
	Préservation de la biodiversité.
	Préservation des sols et des territoires agricoles. Stopper l'étalement urbain.
<i>Qualité de vie et confort</i>	Créer un quartier agréable à vivre, confortable pour ses habitants et usagers, assurant la qualité de vie et la santé de ses occupants.
<i>Diversité et intégration</i>	Intégrer le volet social comme une composante à part entière du quartier.
<i>Impact économique</i>	Développer l'attractivité économique du territoire. Un équilibre doit être créé entre le développement de l'économie locale et l'économie globale.
<i>Lien social et gouvernance</i>	Favoriser le lien social et les solidarités. Intégrer la gouvernance participative comme point essentiel de la démarche d'aménagement.

II-7-Analyse des exemples :

Partout dans le monde, les villes cherchent à construire ou reconstruire des quartiers en tenant compte de l'environnement et du bien-être des habitants. Parmi ces quartiers, nous en avons sélectionné un, selon un critère simple : la disponibilité d'information la plus complète et précise possible.

L'éco quartier Eva-Lanxmeer



1. Fiche technique du projet :

Dénomination de projet	EVA Lanxmeer
Localisation de site	Calembour; Pays Bas
Type de projet	Quartier socio-écologique
Nombre d'habitants	250 habitations (800 habitants)
Nombre de logements	plus de 250 logements
Surface d'équipements publics	<ul style="list-style-type: none"> • Emploi: 4,5 ha • Habitat: 6 ha • Combinaison Habitat /emploi: 1,5 ha • Écoles /Piscine: 4 ha • Routes et zones vertes: 10,1 ha • Centre EVA & Hôtel: 0,7 ha
Surface d'activité	Eco ferme biologique): 0,4 ha Centre de formation écologique EVA
Coût	60 millions d'euros

Tableau 5 : Fiche technique du projet EVA Lanxmeer
Source :Auteurs

2. Contexte historique et évolution du projet :

Phase	Planning élaboré
1	<ul style="list-style-type: none"> • 1990 : La FMIMA avait repéré le terrain: • 1994:Création de la fondation EVA 1995 : Validation des trois principes et Lancement du concours de projet avec son programme.
2	<ul style="list-style-type: none"> •Réunion de 80 familles et 6 groupes spécialistes de travail pour la participation à la réalisation •En 1996 le plan général a été proposé.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Produire des ateliers de design urbain pendant des mois, entre des spécialistes et des futurs résidents. • 1998 : Le plan sera modifié en fonction des moyens et des besoins exprimés par les habitants.
4	<ul style="list-style-type: none"> • En 2009, le développement de cet éco quartier été toujours actif • La participation citoyenne est toujours présente : les Habitants s'occupent de tout

Tableau 6 : planification de l'éco quartier EVA
Source : Auteurs

Particularité : Le terrain est une exploitation agricole inconstructible est devenu constructible .Ce projet vise à sensibiliser les citoyens sur leurs environnement.

1. Analyse de la forme urbaine:

Consolider les zones et corridors écologiques :

Stratégie verte et Préservation des zones naturelles :

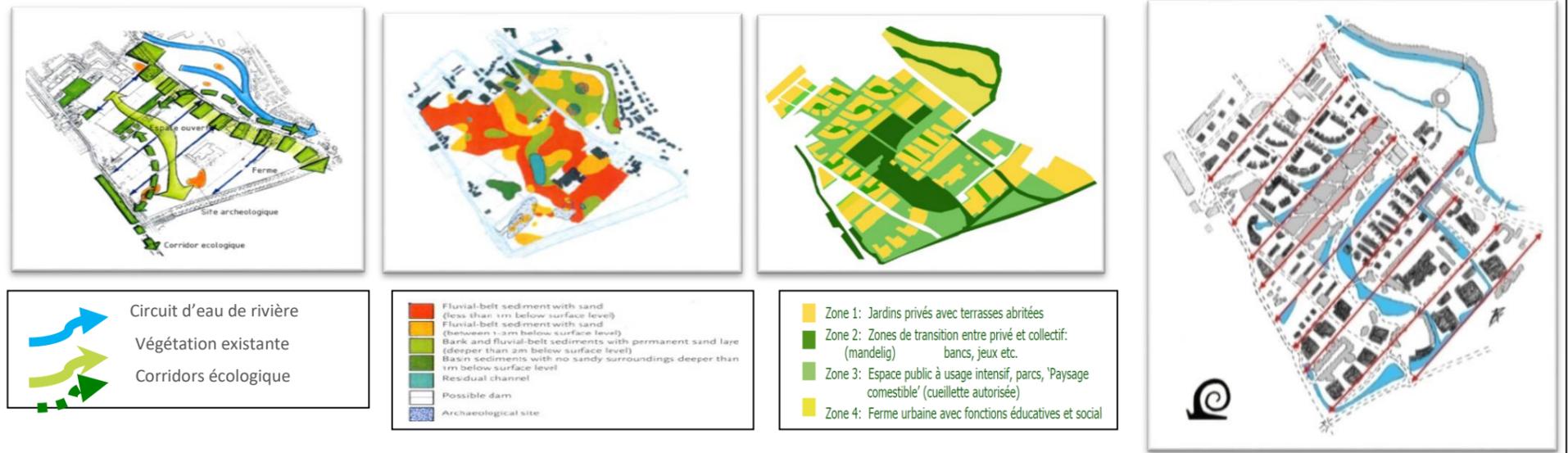


Figure 12 : les principes écologiques du quartier EVA ; Source : EvaLanxmeer

La structure du plan est basée sur le paysage existant : la structure du sol, un circuit fermé d'eau, la zone historique, des paysages saisissants, des plantes précieuses et les fermes typiques sont strictement sauvegardés.

L'implantation des bâtiments par rapport aux sources naturelles d'eau et de la végétation déjà existstée.

Tableau 7 : les principes écologique intégrés Source : Auteurs

Principe	Réalisations
Eau et épuration	<ul style="list-style-type: none"> • Trois lieux pour accumuler l'eau et la purifie avec des plantes "héliophiles" • Un système de drainage pour les eaux pluviales de toitures . • Un réservoir rassemble les eaux claires des voiries via un réseau de petits canaux. • Purification séparée des eaux usées et noires utilisées pour la fabrication de biogaz. • Compostage des déchets organiques.
Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Une station biomasse pour la cogénération de chaleur et d'électricité • Des celliers tempérés par des toitures végétalisées • Installation de petites éoliennes canadiennes • Des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques pour la production d'eau chaude ainsi que d'une excellente isolation. • L'électricité produite est réinjectée dans le réseau public en été
Transport	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau rapide et agréable de pistes cyclables et cheminements piétonniers, les arrêts de bus sont à distance piétonnière, usage limité de la voiture ; environ • Les places de parkings sont situées en bordure de la zone d'habitation
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes baies vitrée ou de serre • Construction en paille
Economie	<ul style="list-style-type: none"> • Vivre et travailler au même endroit permet d'économiser du temps et de l'argent. • Plusieurs emplois ont été créés au Centre d'information EVA et sur la ferme urbaine écologique • Jardin expérimental de Permaculture avec une grande variété d'espèces

2. Analyse conceptuelle :

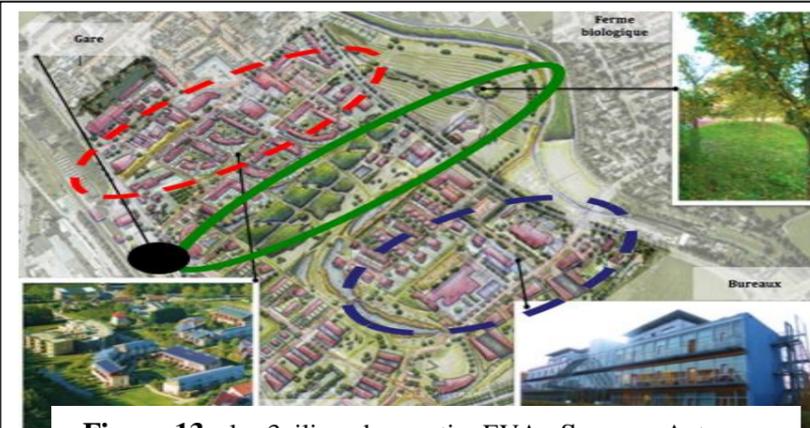


Figure 13 : les 3piliers du quartier EVA ; Source : Auteurs.

Synthèse : Lanxmeer intègre différentes fonctions urbaines et assure un bon équilibre entre les aspects sociaux, économiques, culturels, éducatifs, de loisirs et de protection de l'environnement. Le taux de participation des habitants est élevé, Les mesures de protection de l'environnement comprennent un circuit fermé d'eau, un système de traitement intégral des eaux, une unité de production de biogaz, l'utilisation de matériaux de construction durables, le recours aux énergies renouvelables et la production de denrées alimentaires biologiques.

Partie 2 :

I-PRESENTATION DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE :

I-1-Définition de l'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique est une architecture intégrée, adaptée à son environnement physique, socio-économique et environnement culturel. Construire des conceptions qui prennent en compte les conditions climatiques et environnementales pour aider à atteindre un confort thermique optimal à l'intérieur. Elle traite des éléments de conception et d'architecture, en évitant la dépendance complète sur les systèmes mécaniques, qui sont considérés comme un soutien. Un bon exemple de ceci est l'utilisation de la ventilation naturelle ou de la ventilation en mode mixte.

I-2-Aperçu historique de l'architecture bioclimatique :

Beaucoup de styles d'architecture traditionnelle fonctionnent selon les principes bioclimatiques. Les bâtiments vernaculaires sont issus d'une histoire de bonnes pratiques de construction et de développement des connaissances technologiques acquises par l'expérience au fil du temps. L'architecture vernaculaire (qui est sans doute bioclimatique) trouve son origine dans l'empirisme dicté par nos ancêtres. Il est survenu à un moment où il n'y avait pas de technologie pour répondre aux besoins du chauffage, ventilation, conditionnement de l'air et l'éclairage, et cela a conduit à une construction efficace optimisée pour l'emplacement du bâtiment dans le milieu environnement, en utilisant des matériaux locaux. Les bâtiments vernaculaires utilisent des techniques simples pour fournir un confort à la fois en hiver et en été.

Dans l'Alentejo (Portugal), les bâtiments étaient construits en rangées le long des rues étroites pour fournir plus d'ombre. Des murs épais et peints en blanc ont été utilisés pour augmenter l'inertie thermique et réduire l'absorption du rayonnement solaire. Dans les pays nordiques, les maisons ont des toits pentus pour que la neige ne reste pas longtemps sur eux.

Ce sont des exemples où le confort thermique en hiver et en été peut-être amélioré avec des techniques très simples. Cependant, avec la fascination pour les innovations techniques, l'aide de l'industrie, et la croyance en des ressources naturelles inépuisables, les «meilleures pratiques» évidentes dans l'ancien et le vernaculaire les bâtiments ont été progressivement abandonnés et oubliés, car on pensait (et c'est toujours le cas) que la technologie a des solutions magiques pour tout.

I-3-Objectifs de l'architecture bioclimatique :

La conception bioclimatique des bâtiments a quatre objectifs principaux:

1. **La protection de l'environnement :** Moins d'utilisation des combustibles fossiles et de l'électricité, réduit les déchets qui nuisent à l'environnement et causent la pollution de l'air.

2. **Sauver l'énergie conventionnelle** : recourir à des sources d'énergie renouvelables (RES), qui conduisent à des économies d'énergie et réduit l'amenuisement des ressources non renouvelables .
3. **Économiser de l'argent** : Utilisation d'énergie solaire peu coûteuse pour chauffer et / ou refroidir l'air pour le rafraîchissement. Il s'agit d'un défi économique qui se traduit par une réduction de 50% des coûts de chauffage et de climatisation, voire plus.
4. **Amélioration des conditions de vie intérieures** : La conception bioclimatique garantit le confort thermique et la qualité de l'air, créant ainsi un cadre de vie sain.

I-4-Principes de l'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique repose sur trois grands principes à concilier dans une démarche cohérente : capter la chaleur, la transformer, la diffuser et la conserver ; (Fig.14).

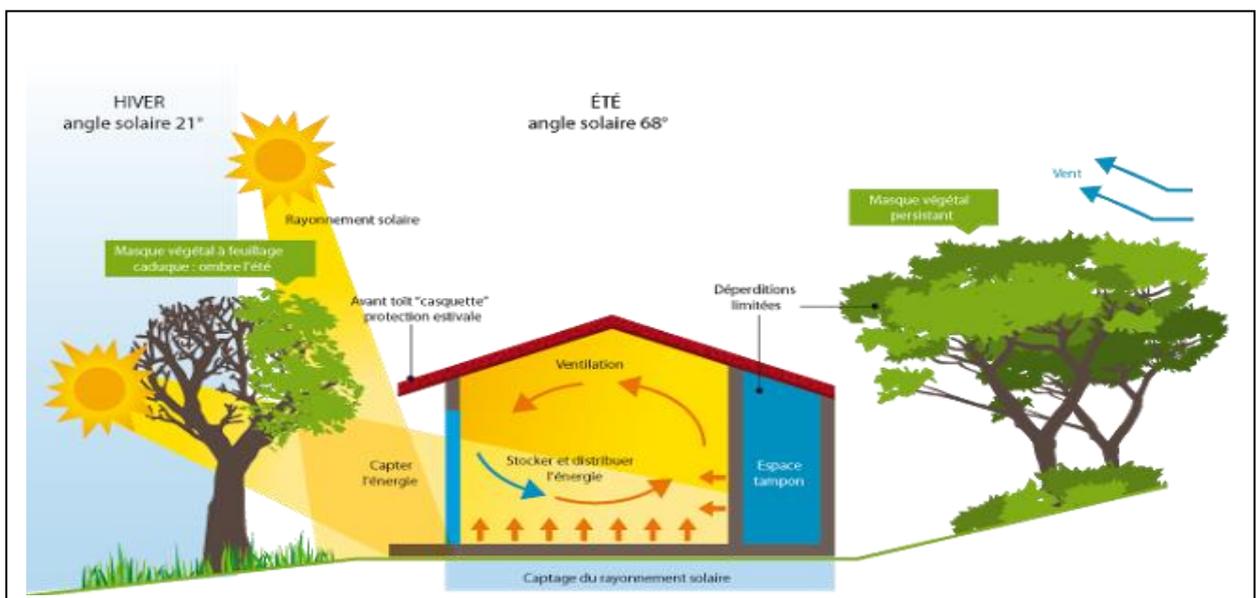


Figure 14 : Les principes de base de l'architecture bioclimatique ; **Source** : Site Web ; e-rt2012,2018

Sous nos climats tempérés, cette recherche d'équilibre entre l'habitat et son milieu s'exprime principalement sous formes de deux grands principes saisonniers :

- ❖ **En période froide** : favoriser les apports de chaleur gratuite et diminuer les pertes thermiques, tout en permettant un renouvellement d'air suffisant ; (Fig.15).
- ❖ **En période chaude** : diminuer les apports calorique et favoriser le rafraîchissement ; (Fig.16).
- ❖ **Pour les demi-saisons** :L'enveloppe doit pouvoir s'adapter de manière simple aux besoins par une combinaison de ces deux stratégies.

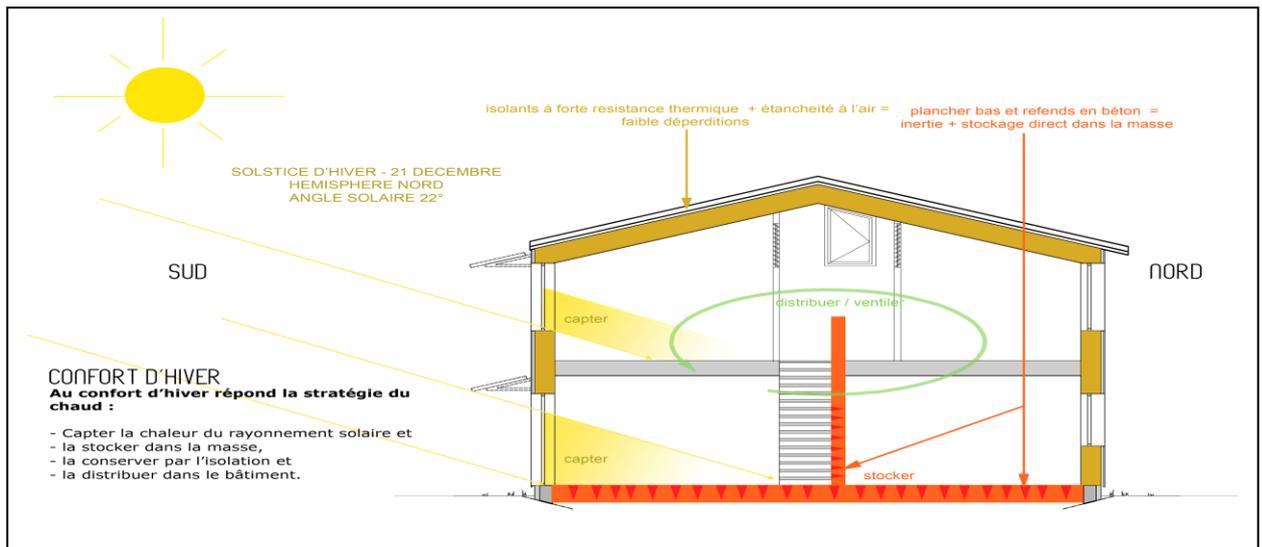
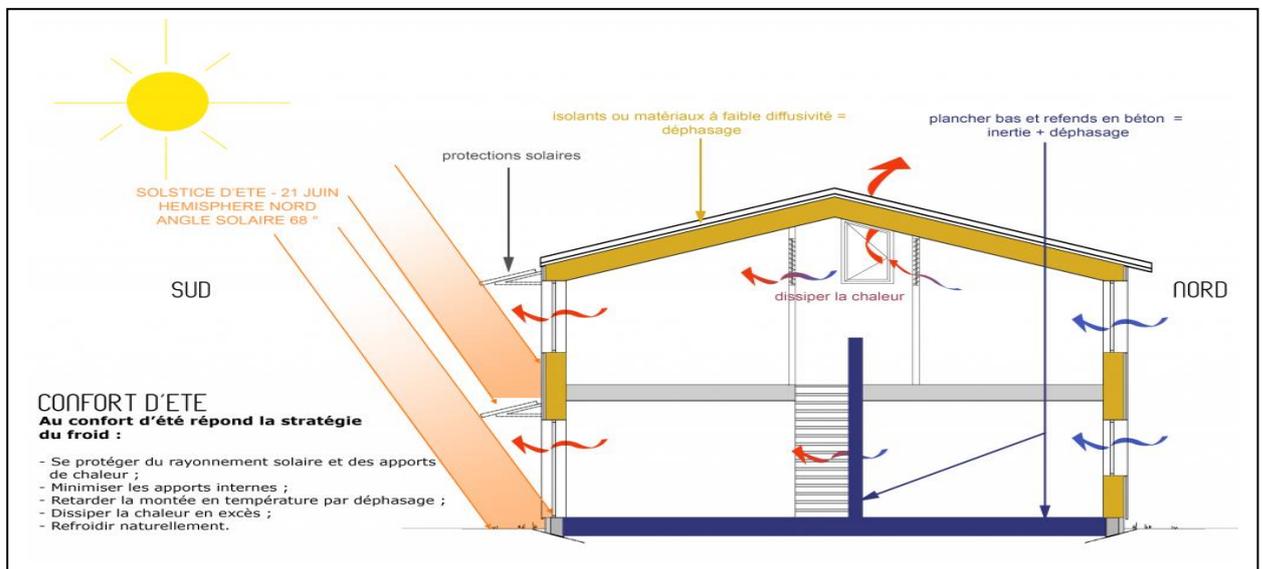


Figure 15 : Stratégie du chaud dans une conception bioclimatique ; **Source** : Plus Architectes ,



2009

Figure 16 : Stratégie du froid dans une conception bioclimatique ; **Source** : Plus Architectes ,
2009

I-5-Les paramètres passifs de l'architecture bioclimatique :

I-5-1-Les paramètres environnementaux :

I-5-1-a-L'implantation du bâtiment :

- ❖ Implanter et orienter la construction pour tirer le meilleur profit du climat, de la topographie, de la chaleur du soleil ;
- ❖ En climat tempéré, privilégier les grandes ouvertures au sud et les façades fermées au nord, avec des «espaces-tampons» non chauffés isolés de la partie utilisée ;

- ❖ Tenir compte de la course du soleil qui change au fil des saisons et des ombres apportées par la végétation et le relief. Se protéger contre les vents dominants (topographie, arbres...), qui peuvent aussi être mis à profit pour rafraîchir le bâtiment ; (Fig.17).

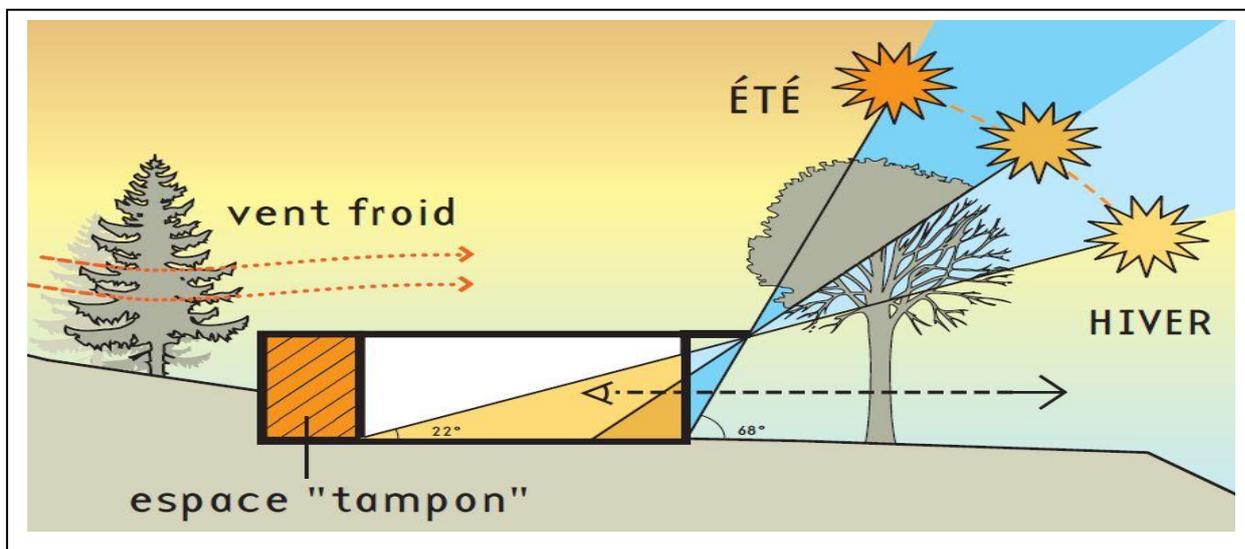


Figure 17 : L'implantation du bâtiment selon le site ; **Source** : ENSAG , 2011

I-5-1-b-L'orientation du bâtiment :

Le terrain doit permettre d'orienter le bâtiment de façon optimale pour qu'il puisse profiter des apports solaires. L'orientation selon l'axe Nord-Sud est préférable à l'axe Est – Ouest, elle est même indispensable.

L'orientation du bâtiment/soleil :

- ❖ Le soleil intervient pour dispenser lumière et chaleur. Une orientation adaptée permet de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage ; (Fig.18).



Figure 18 : L'orientation du bâtiment selon la trajectoire du soleil ; **Source** : Maison à Energie Positive

❖ **L'orientation du bâtiment/vents :**

L'orientation la plus favorable est entre -45° et $+45^\circ$ de la direction des vents dominants, généralement ENE.

Le vent engendre des déperditions thermiques importantes sur les façades exposées. Une maison peut s'en protéger à l'aide du relief du terrain, de la végétation, des maisons avoisinantes, mais également grâce à sa forme. En effet, les formes de toitures basses détournent le vent. Les ouvertures de la maison ne doivent pas être placées sur les façades trop exposées au vent.

I-5-1-c-Environnement proche :

Intégrer à la conception du bâtiment les dispositifs favorisant une utilisation parcimonieuse du sol, limitant les impacts du bâtiment sur son contexte environnant et enrichissant le paysage urbain.

- ❖ Veiller lors de la conception du bâtiment à éviter les nuisances acoustiques vis-à-vis de l'environnement avoisinant ; (Fig.19).

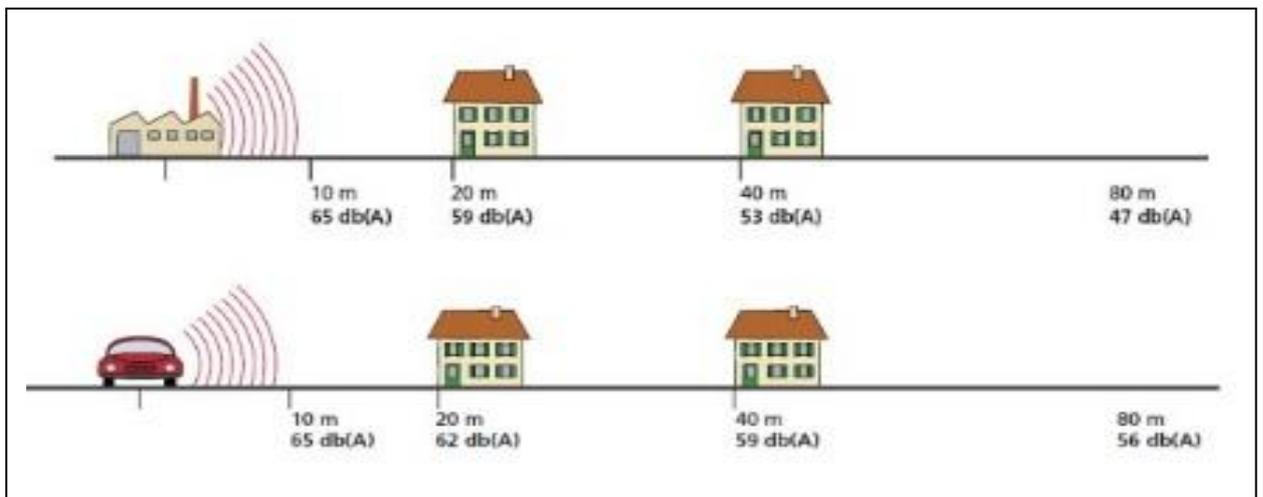


Figure 19 : Impact de l'éloignement d'une source de bruit de type voirie (source acoustique de type linéaire) ; **Source :** Site Web ; Guide Bâtiment Durable

I-5-1-d-Prospect/distance entre bâtiments :

La règle du prospect = c'est la distance minimale imposée entre deux bâtiments. Les bâtiments doivent être éloignés entre eux, de la même distance que leur hauteur moins 3 mètres ($d=H-3m$), avec au moins 8m de distance s'ils sont plus petits (largeur d'une rue Moyenne) ; (Fig.20).

Calcul du retrait de la construction par rapport aux limites de la parcelle ; (Fig.21) :

- ❖ en tout point d'une partie de construction comportant des baies, le retrait doit être au moins égal à la hauteur de la partie de construction en ce point diminuée de 3 mètres ($H-3m$), avec un minimum de 8 mètres ;

- ❖ en tout point d'une partie de construction ne comportant pas de baie, le retrait doit être au moins égal à la moitié de la hauteur de la partie de construction en ce point diminuée de 3 mètres $((H-3m)/2)$, avec un minimum de 4 mètres.

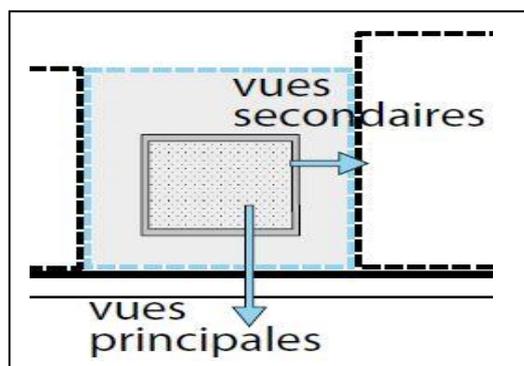
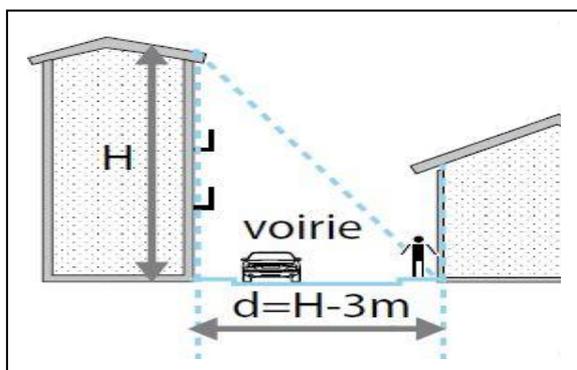


Figure 20 : La règle du prospect ;

Figure 21 : Le retrait de la construction par rapport

Source : CAUE 92

aux limites de la parcelle ; **Source :** Site Web ; caue

I-5-1-e-Ilot de chaleur urbain :

L'îlot de chaleur urbain est un effet de dôme thermique, créant une sorte de microclimat urbain où les températures sont significativement plus élevées : plus on s'approche du centre de la ville, plus il est dense et haut, et plus le thermomètre grimpe ; (Fig.22).

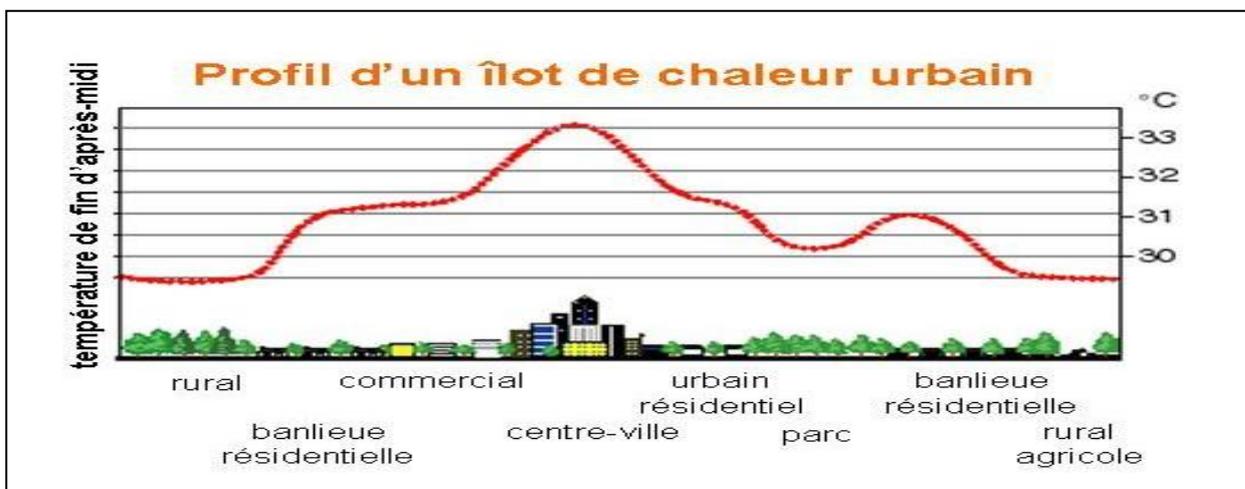


Figure 22 : Allure d'un profil d'îlot de chaleur ; **Source :** Heat Island Group, 2004

L'îlot de chaleur urbain, très variable, est dépendant du "type de temps" mais aussi de la situation géographique, climatique, de la couverture végétale et de la topographie de la ville. On distingue 3 types d'ICU : les îlots de chaleur à la surface du sol, ceux de la canopée urbaine (plus intenses la nuit que le jour), et ceux de la couche limite urbaine. Ces deux derniers font référence à la température de l'air.

Afin de contrer les conséquences des ICU, différentes solutions peuvent être mises en place. Elles ont un effet positif sur le climat local mais également sur le climat global telles que :

- ❖ Réduire les surfaces minéralisées ;

- ❖ La végétation et la végétalisation des surfaces ;
 - ❖ Meilleure gestion des eaux pluviales ;
 - ❖ Réduction des émissions anthropiques ;
 - ❖ Utilisation des matériaux réfléchissants, autrement dit des matériaux possédant un albédo⁵ élevé ;
- (Fig.23).



Figure 23 : Divers albédos de la ville ; **Source :** Site Web ; notre-planete.info,2018

I-5-1-f-La végétation :

La végétation en ville contribue à atténuer localement les îlots de chaleur urbains. Les arbres urbains jouent un rôle important dans le confort thermique de la ville, dans la capacité de stockage du carbone, dans l'infiltration des eaux pluviales, dans la captation de certains polluants. Les arbres apportent un caractère qualitatif au paysage urbain, un support d'éducation à l'environnement, à la biodiversité, ils sont de puissants régulateurs du climat urbain par l'ombrage qu'ils apportent et le phénomène d'évapotranspiration. L'arbre est ainsi capable d'utiliser la chaleur et l'eau comme flux nécessaires à la photosynthèse pour véhiculer les nutriments. L'évapotranspiration permet ainsi de libérer des molécules d'eau dans l'atmosphère et ainsi de le rafraîchir ; (Fig.24).

⁵ Albédo : est une valeur physique qui permet de connaître la quantité de lumière solaire incidente réfléchiée par une surface.

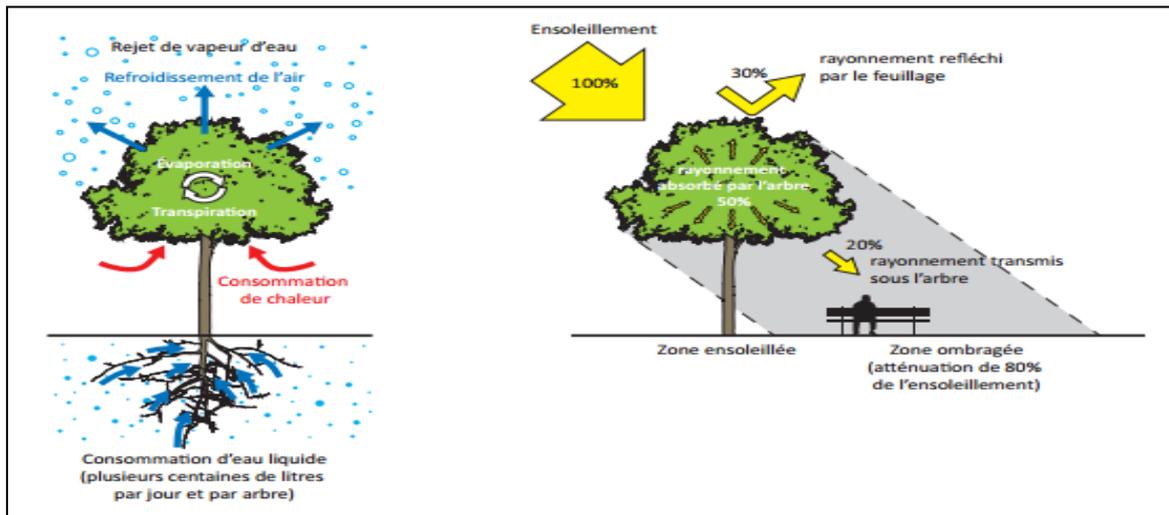


Figure 24 : Evapotranspiration et ombre, les deux vertus de la végétalisation ; **Source :** Site Web ; APUR 2012

Même si l'arbre urbain se développe moins que l'arbre forestier en raison des contraintes de la ville, il est en capacité de séquestrer du carbone et de le stocker tout au long de sa vie ; (Fig.25).

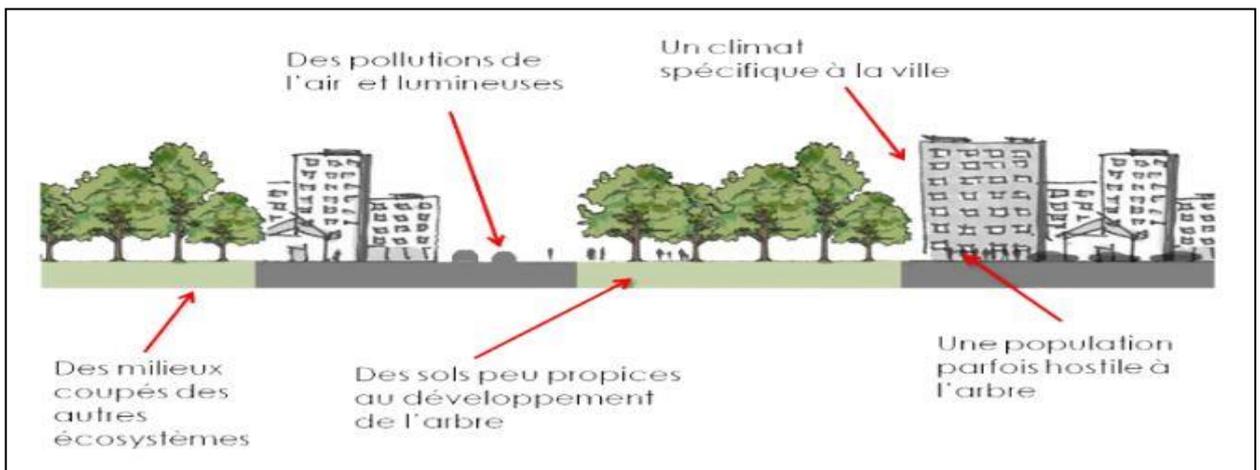


Figure 25 : La ville un milieu contraint pour l'arbre ; **Source :** Site Web ; arbre-en-ville

I-5-2-Les paramètres architecturaux :

I-5-2-a-Les paramètres liés à la forme du bâtiment :

❖ La compacité :

Plus un bâtiment est compact, plus il est performant. On mesure la compacité avec le rapport surface déprédative (mur, toit, etc.) sur volume à chauffer : ratio S/V. Plus ce rapport est grand, plus il y a de surfaces déprédatives, plus il y a de pertes par les parois. La forme la meilleure est la sphère : c'est le volume géométrique qui a le rapport le plus petit. Ainsi plus le bâtiment ressemble à une sphère, moins il y a de pertes. C'est pourquoi à volume égal : un immeuble consomme moins que plein de petites maisons individuelles. Le graphique ci-dessous illustre la compacité de géométries types. Pour un bâtiment de 1000 m², il convient de ne pas dépasser un ratio S/V de 0,65

(soit +12% par rapport à une sphère) ; (Fig.26).

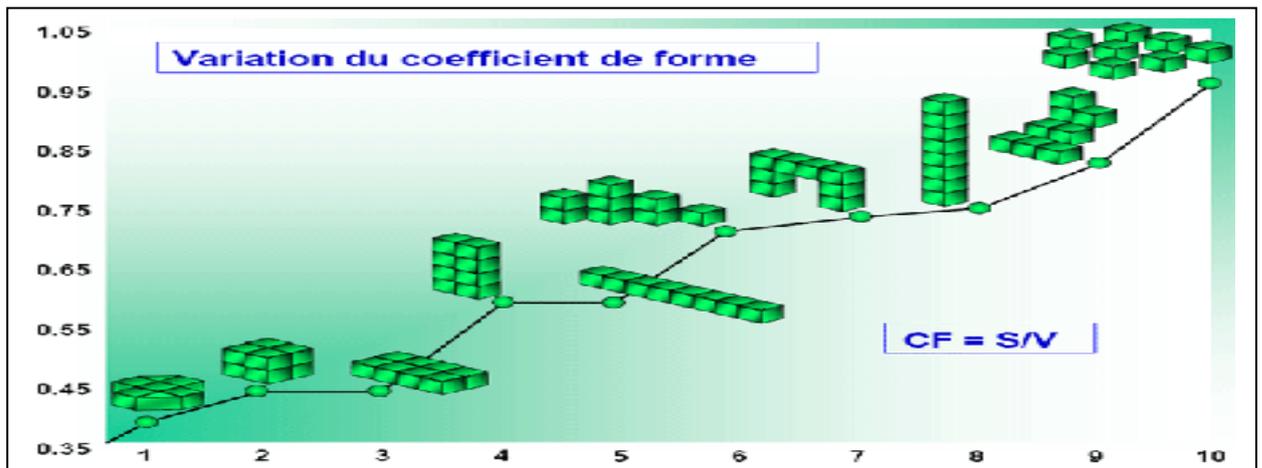


Figure 26 : Variation du coefficient de forme selon une géométrie type ; **Source** : Site Web ; ENERGIE POSITIVE.info

La compacité d'un bâtiment dépend de :

- Sa forme : la sphère est idéale, le cube est une bonne solution
- Sa taille : pour une même forme, le facteur de compacité diminue avec la taille
- Ses caractéristiques de contact : les parois mitoyennes ne sont pas considérées comme des surfaces de déperdition, les maisons mitoyennes ainsi que les immeubles à appartements de plusieurs étages ont une meilleure compacité.

Plus un bâtiment est compact, plus il est facile d'atteindre des performances énergétiques élevées.

Pour une même performance, les épaisseurs d'isolant nécessaires sont moins importantes. Les parois extérieures ont un coût économique et écologique important. Réduire leur surface permet de diminuer les déperditions, le coût et l'impact des bâtiments sur l'environnement.

❖ **Inertie thermique des matériaux :**

L'inertie thermique peut simplement être définie comme la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit. Cette caractéristique est très importante pour garantir un bon confort notamment en été, c'est-à-dire pour éviter les surchauffes.

Cette capacité permet de limiter les effets d'une variation "rapide" de la température extérieure sur le climat intérieur par un déphasage entre la température extérieure et la température de surface intérieure des murs et par amortissement de l'amplitude de cette variation. Un déphasage suffisant permettra par exemple que la chaleur extérieure "n'arrive" qu'en fin de journée dans l'habitat période où il est plus facile de le rafraichir grâce à une simple ouverture des fenêtres ;(Fig.27).

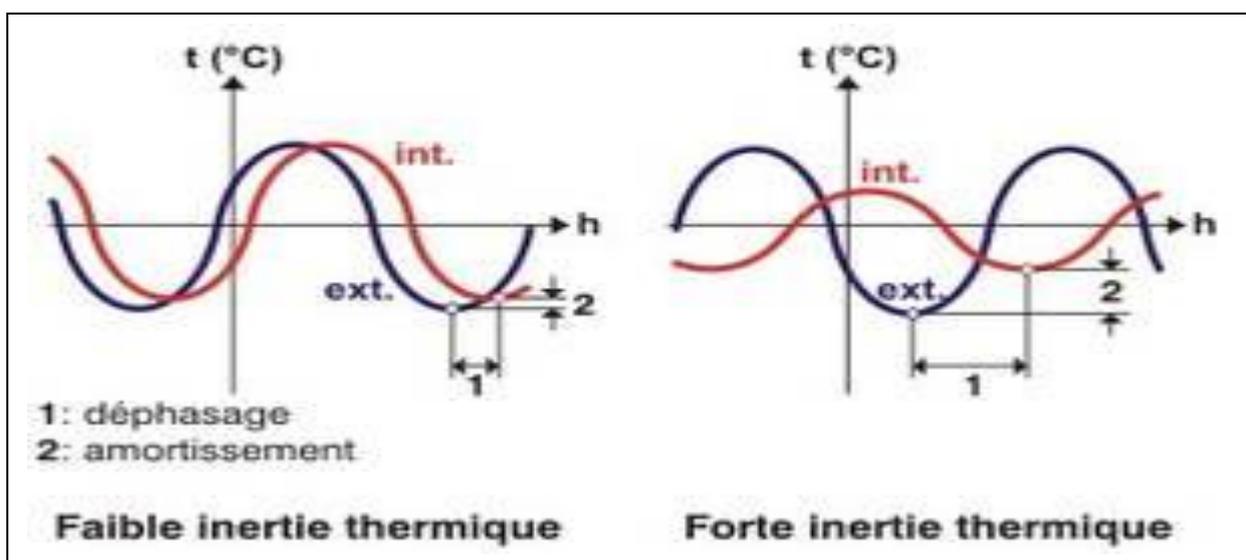


Figure 27 : Le déphasage et l'amortissement d'un matériau inerte ; **Source** : Site Web ; Energie plus

L'inertie thermique d'un matériau est évaluée à l'aide des deux paramètres suivants :

La diffusivité, propriété "dynamique" exprimant la capacité d'un matériau à transmettre une variation de température. L'effusivité, d'un matériau, propriété "dynamique" qui exprime sa capacité à absorber (ou restituer) une puissance thermique.

Pour garantir le confort d'été (éviter les surchauffes) on essaiera d'utiliser un matériau possédant les caractéristiques suivantes :

- Une faible diffusivité, pour que l'échange d'énergie thermique entre le climat extérieur et le climat intérieur se fasse le plus lentement possible (inertie en transmission) ;
- Une forte effusivité thermique pour que le mur stocke au maximum la fraîcheur dans les éléments en contact avec l'intérieur du bâtiment (inertie par absorption) ;(Fig.28).

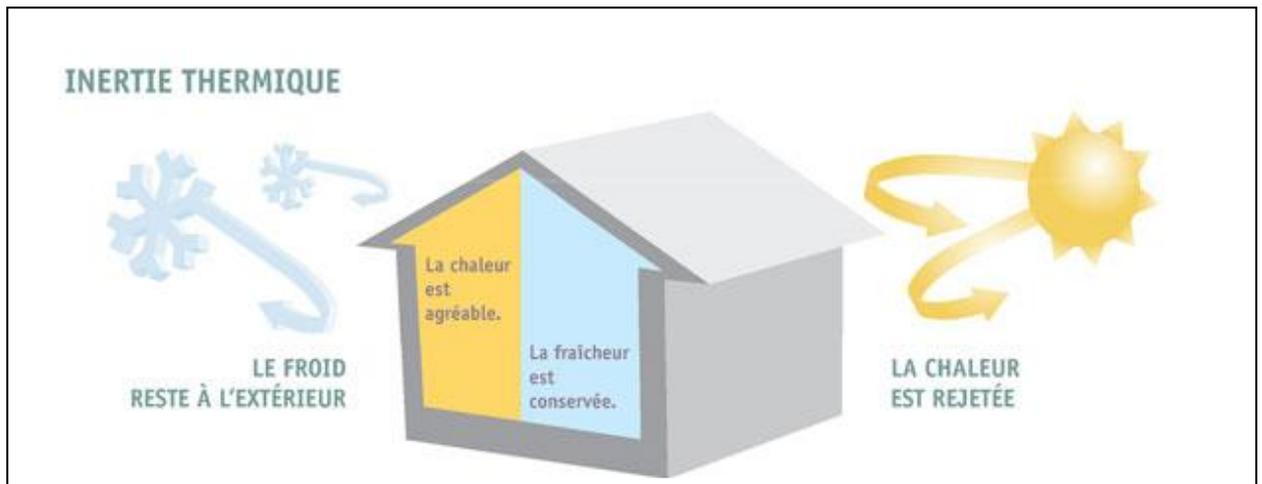


Figure 28 : L'inertie thermique d'un matériau ; **Source :** Site Web ; gbe-innovation

I-5-2-b-Les paramètres liés à l'enveloppe du bâtiment :

❖ Matériaux et isolation :

Les matériaux ne sont pas tous égaux devant les transferts de chaleur. Différentes grandeurs permettant de les caractériser :

- La conductivité thermique ou le lambda (λ) : la conductivité thermique est l'aptitude du matériau à se laisser traverser par la chaleur. Elle s'exprime en $W/(m.K)$. Plus le lambda est faible, plus le matériau est isolant.
- La résistance thermique d'un matériau (R) : la résistance thermique est la capacité d'un matériau à ralentir le transfert de chaleur réalisé par conduction. Elle s'exprime en $m^2.K/W$. Plus la résistance thermique est élevée, plus le matériau est isolant.

Certains des matériaux s'isolation sont à base de matières minérales (laine de roche, laine de verre), d'autres à base de matières naturelles (coton, laine de mouton, laine de chanvre, plume de canard ...), d'autres encore sont produits à partir de matières chimiques (polystyrène ...) ; (Tab.8).

Tableau 8 : La conductivité thermique et la résistance thermique des matériaux isolants ; **Source :** Auteurs.

Matériaux isolants	Conductivité thermique λ en $W/(mK)$	Résistance thermique R en m^2K/W pour 100mm
Laine de roche plus	0.030	3.00
Laine de verre plus	0.030	3.00
Laine de Coton	0.039	2.55
Laine de mouton	0.035	2.86
Laine de chanvre	0.040	2.50
Polystyrène	0.038	2.60

❖ Les ouvertures :

Les fenêtres sont des points faibles dans l'isolation d'un bâtiment, mais contrairement aux surfaces opaques, elles laissent entrer les rayons du soleil, ce qui contribue au chauffage des locaux.

Les double ou triple vitrages qui répondent aux prescriptions cantonales sont devenus si performants, que ce sont les cadres de fenêtre qui laissent désormais perdre le plus de chaleur. En conséquence, une fenêtre composée d'une grande surface de cadre sera moins isolante et laissera

entrer moins d'énergie solaire qu'une fenêtre équipée de grands vitrages.

• Valeur g^6 : la plus grande possible

Le soleil, énergie gratuite, participe à la fois au chauffage du bâtiment et à son éclairage. La valeur g s'étend de 0 à 1 (0 à 100%). Un vitrage doté d'un g de 0,65 laisse passer 65% de l'énergie reçue du soleil.

• Valeur U^7 : la plus petite possible

La chaleur se transmet de l'endroit le plus chaud vers l'endroit le plus froid. Plus la valeur U est petite, plus le vitrage est isolant. Les doubles vitrages performants ont une valeur U comprise entre 1,1 et 1,0. Celle des triples vitrages performants se situe entre 0,7 et 0,4. L'unité est le W/m^2K . Un vitrage $U = 2$ laisse perdre deux fois plus de chaleur qu'un vitrage $U = 1$ (Le vitrage idéal : une petite valeur U et une grande valeur g) ; (Fig.29).

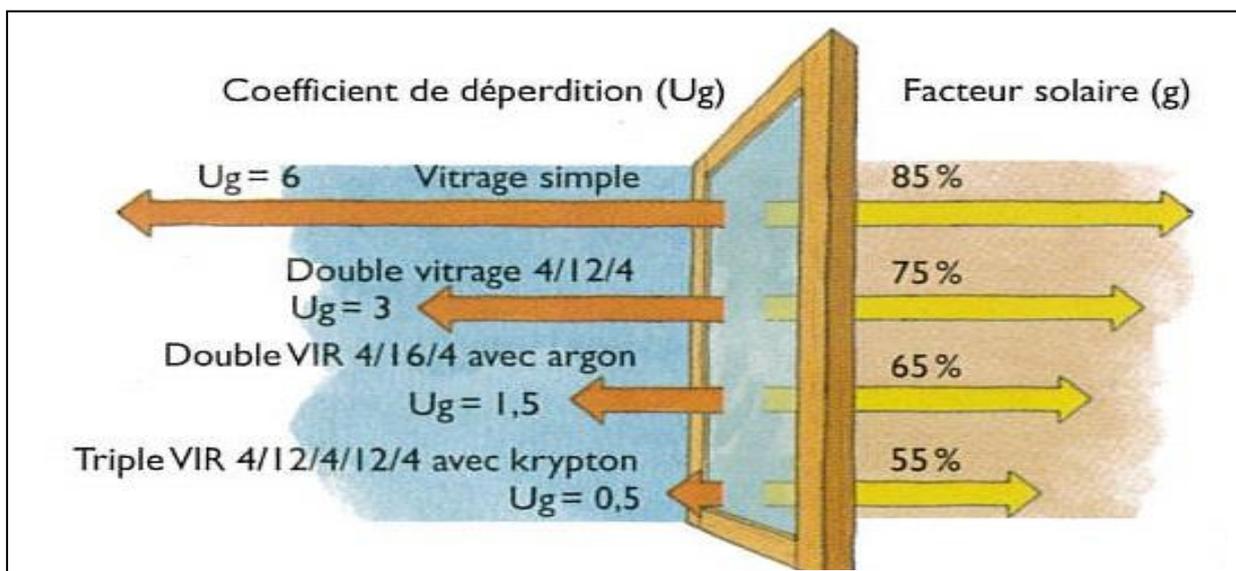


Figure 29 : Valeurs moyennes du coefficient de déperditions (U_g) et du facteur solaire (g) de différents vitrages ; **Source** : Site Web ; alec27,2015

⁶ Valeur g : La valeur g indique la capacité du vitrage à laisser entrer le rayonnement solaire (gains solaires).

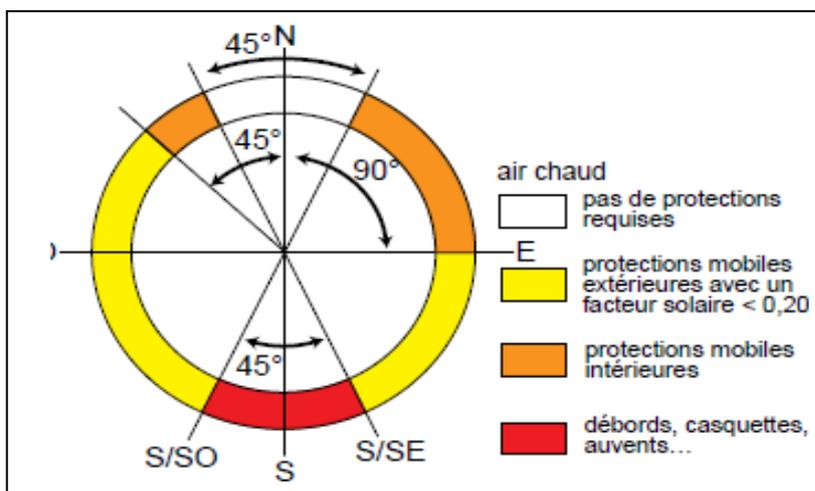
⁷ Valeur U : La valeur U indique la capacité du vitrage à transmettre la chaleur.

❖ Paramètres de protection :

Le diagramme ci-dessous ; (Fig. 30) ; Permet de déterminer les types de protections solaires adaptées selon les orientations. Par exemple, dans les bâtiments très ouverts au soleil sur la façade sud et ayant peu d'inertie, il est courant de souffrir de surchauffes dès les premières journées ensoleillées de janvier. Dans ce cas, des dispositifs de protections mobiles suppléent aux protections horizontales fixes qui ne sont efficaces qu'en été.

Du point de vue des apports solaires d'été, on peut caractériser ainsi les différentes orientations :

- **Orientation Nord** : rarement de soleil direct, ce sont donc les éléments de réflexion extérieurs qui sont éventuellement à soigner. Ce principe permet de renvoyer la lumière vers le plafond, et évite l'éblouissement dû aux baies. Il peut être notablement amélioré si les lamelles ont un revêtement spéculaire (miroir) ;
- **Orientation Sud** : c'est en général la plus facile à traiter, la hauteur du soleil étant importante lorsque ses apports énergétiques sont importants ;
- **Orientation Ouest** : situation la plus difficile, car le soleil donne en fin de journée sur une façade surchauffée, à un moment où la température est élevée. Le soleil est dans un plan perpendiculaire à la façade lorsque sa hauteur est d'environ 30° ;
- **Orientation Est** : elle a les mêmes caractéristiques que l'orientation ouest, mais avec surchauffe de la journée en moins, ce qui pose beaucoup moins de problèmes ;
- **Toiture** : c'est la partie la plus exposée en été, la hauteur du soleil, dépasse pendant environ 2 heures les 55° . Les vitrages horizontaux sont à proscrire car dans tous les cas ils sont sources de problèmes de surchauffe et d'inconfort thermique.



Le dimensionnement des protections solaires doit faire l'objet systématique d'une étude. Par exemple le traitement de certaines expositions SUD par casquette pourra nécessiter un complément par protections solaires mobiles.

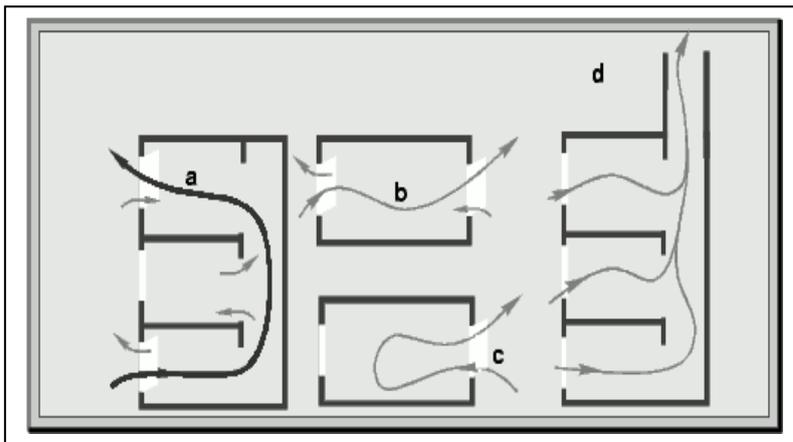
Figure 30 : Types de protections solaires selon les orientations ; **Source** : A.Liébard,2006

❖ Paramètres de ventilation :

Le principe de la ventilation est d'assurer le balayage de l'habitat avec :

- des entrées d'air dans toutes les pièces principales telles que le salon et les chambres ;
- des sorties d'air dans les pièces de services telles que les salles d'eau, WC et la cuisine ;
- un système pour que l'utilisateur puisse gérer les débits d'air.

Le passage de l'air entre les pièces principales et les pièces de service se fait par les portes. Le tirage de l'air des pièces de services est réalisé soit par une aération naturelle, des aérateurs mécaniques (électriques) ou bien par une Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) à simple ou à double flux ;(Fig.31).



- a) ventilation à deux ouvertures ;
- b) ventilation traversante ;
- c) ventilation à ouverture unique ;
- d) ventilation avec cheminée.

Figure 31 : Configuration de ventilation naturelle ; **Source** : Site web ; alec27,2015

I-5-3-Chauffage passif et climatisation passive :

Aujourd'hui, on opte de plus en plus pour un système de chauffage passif basé sur l'utilisation de l'apport de chaleur du soleil, sur une très forte isolation, sur l'absence de ponts thermiques, sur une grande étanchéité à l'air que sur le contrôle de la ventilation ainsi que pour un système de climatisation passif qui consiste à concevoir et à équiper la maison de manière à rendre superflu un système de climatisation actif ;(Fig.32) .

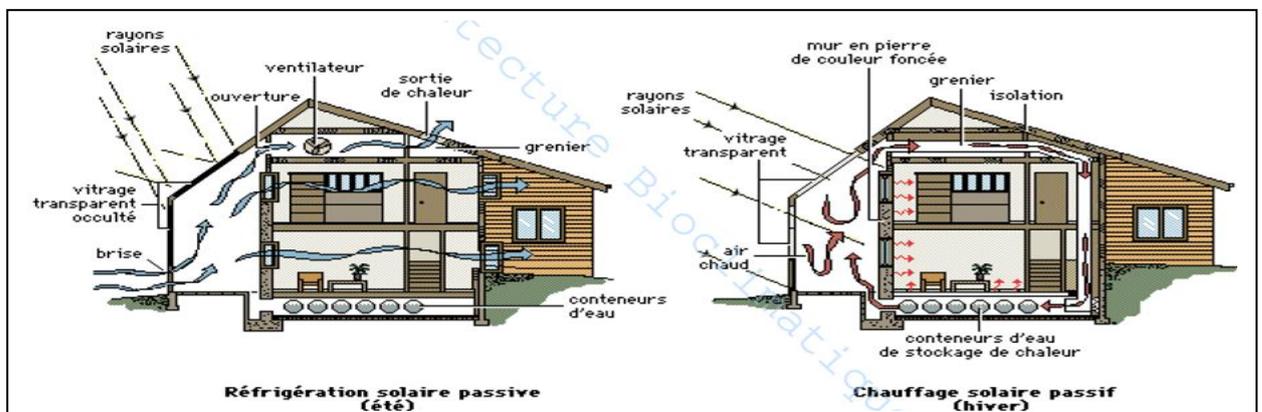


Figure 32 : Système de la réfrigération solaire passive et du chauffage solaire passif ; **Source** : Site Web : maison-ecoè-logique

I-6-Les paramètres actifs de l'architecture bioclimatique :

I-6-1-Les énergies renouvelables :

I-6-1-a-Définition des énergies renouvelables :

Les énergies renouvelables (ou EnR) désignent un ensemble de moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources théoriquement illimitées, disponibles sans limite de temps ou reconstituables plus rapidement qu'elles ne sont consommées.

On parle généralement des énergies renouvelables par opposition aux énergies tirées des combustibles fossiles dont les stocks sont limités et non renouvelables à l'échelle du temps humain : charbon, pétrole, gaz naturel... Au contraire, les énergies renouvelables sont produites à partir de sources comme les rayons du soleil, ou le vent, qui sont théoriquement illimitées à l'échelle humaine.

I-6-1-b-Les sources des énergies renouvelables :

Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables, produites à partir de sources différentes ; (Tab.9).

Tableau 9 : Les 5 familles des énergies renouvelables ; **Source** : Auteurs.

Source d'énergie	Type d'énergie	Utilisation	Production d'énergie (en %)
Le rayonnement solaire	Solaire photovoltaïque	L'énergie solaire est captée en vue de la production d'électricité.	0.80
	Solaire thermique	La chaleur des rayons solaire est captée est rediffusée, et plus rarement sert à produire de l'électricité.	
L'énergie cinétique du vent	Eolien	L'énergie cinétique du vent entraîne un générateur qui produit de l'électricité.	5
L'énergie cinétique de l'eau Les énergies marines	Hydraulique	L'énergie cinétique de l'eau actionne des turbines génératrices d'électricité.	22.70
La combustion de matériaux dont l'origine est biologique	Biomasse	Elle permet de fabriquer de l'électricité grâce à la chaleur dégagée par la combustion de ces matières (bois, végétaux, déchets) ou du biogaz issu de la fermentation de ces matières, dans des centrales biomasses.	66.10
la chaleur émise par la Terre et stockée dans le sous-sol	Géothermie	Selon la ressource et la technologie mise en œuvre, les calories sont exploitées directement ou converties en électricité.	5.40

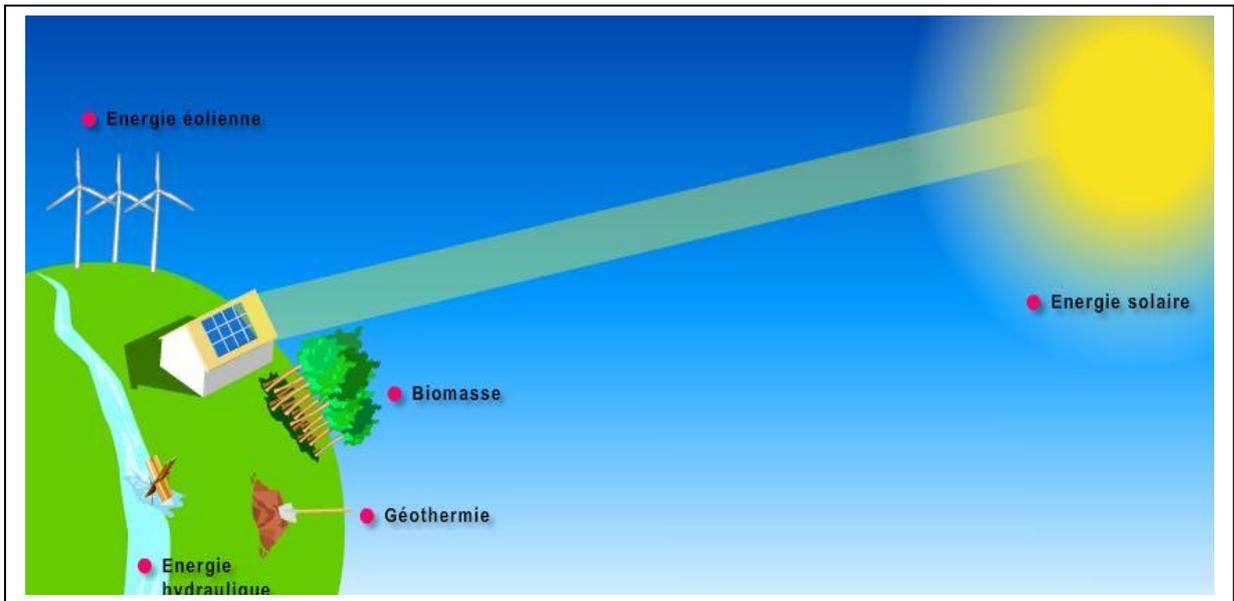


Figure 33 : Les énergies renouvelables ; **Source** : infotechno, 2016

I-7-La problématique énergétique en Algérie :

En matière de confort thermique, le secteur résidentiel algérien connaît une crise aiguë. En quatre décennies d'indépendance, le souci de construire rapidement et en grande quantité ; « Pour faire face à cette crise croissante du logement, on a dû trouver des solutions rapides et pas très coûteuses. Des modèles étrangers se sont généralisés sur tout le territoire algérien. Inappropriée au contexte culturel, social et climatique du pays » (Ould-henia, 2003).

Cette expérience trouve sa continuité avec le programme quinquennal 2005-2009 qui prévoit un million de logements. Ce programme provoque aussi la question d'intégration climatique (où le même plan de masse a été répété à travers les cités algériennes), ce qui implique une consommation énergétique importante, due au recours aux équipements coûteux et gros consommateurs d'énergie pour pallier aux conditions d'inconfort que ces constructions engendraient, cette énergie est utilisée pour différentes applications comme le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage et tous les équipements utilisant de l'électricité.

Pour cela, l'Algérie a mis en œuvre, dans le cadre du PNME⁸2007-2011, un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique (HPE), dénommé ECO-BAT. Ce programme est concédé comme une opération pilote, qui présente une opportunité de diffusion à l'échelle nationale des pratiques conceptuelles soucieuses en amont de la maîtrise des consommations d'énergie.

⁸PNME : Programme National de Maîtrise de l'Énergie.

I-8-Les labels de performance énergétique :

I-8-1-Définition d'un label énergétique :

Le label est une marque spéciale conçue par une organisation publique ou privée (syndicat professionnel, organisme parapublic, ministère, association...) pour identifier et pour garantir soit l'origine d'un produit soit/et un niveau de qualité. Un label énergétique répond bien évidemment à cette définition. Après obtention, une construction est donc certifiée avoir au minimum un certain niveau de performances en fonction du label et du type de bâtiment.

I-8-2-Les garanties d'un label énergétique :

Le label a pour objectif de contrôler et d'approuver un ensemble d'éléments contribuant à obtenir une haute performance énergétique. Les différents points sur lesquels porte l'analyse d'un label énergétique sont les suivants :

- ❖ Une isolation très performante calculé et certifié par un bureau d'étude thermique ;
- ❖ Une bonne étanchéité à l'air vérifié à l'aide d'un test d'étanchéité à l'air ;
- ❖ Une ventilation contrôlée permanente, qui assure confort et qualité de l'air. Le bureau d'étude thermique en fonction du bâtiment déterminera le modèle de VMC qui est en général une VMC double flux ;
- ❖ L'orientation et le choix architectural rentrent bien évidemment dans l'analyse. Par exemple, si les ouvertures ont été réalisées sur la façade Sud, cela sera bien évidemment un atout majeur pour la maison afin de bénéficier des apports solaires maximum ;
- ❖ L'utilisation d'énergies renouvelables pour le chauffage, le rafraîchissement et l'eau chaude sanitaire avec par exemple l'utilisation de ballon d'eau chaude solaire.

I-8-3-Les organismes créateurs de labels de performance énergétique :

Voici ci-dessous une synthèse des labels susceptibles d'être décernés actuellement, créés par des organismes ; (Tab.10).

Tableau 10 : Les organismes créateurs de labels de performance énergétique ; **Source** : Auteurs.

Effinergie (France)	Passivhaus Institut (Allemagne)	Minergie (Suisse)
prend en compte dans son calcul de Cep⁹ les 5 postes de la RT 2012¹⁰ , dont le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et la ventilation (renouvellement d'air). L'organisme propose 4 labels	prend en compte dans son calcul de Cep 6 postes . A ceux inclus par Effinergie s'ajoutent les consommations de l'électroménager, des installations informatique et de la TV. L'organisme propose 1 label (Passivhaus)	prend en compte dans son calcul de Cep 3 postes , dont le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la ventilation. L'organisme propose 8 labels (Minergie Standard neuf, Minergie Standard rénovation,

⁹Cep : Consommation d'énergie primaire.

¹⁰ RT 2012 : La réglementation thermique.

(BEPOS, Effinergie 2013, Effinergie plus et Effinergie rénovation)		Minergie-Passif, Minergie-éco, Minergie-Passiféco, Minergie-A et Minergie-Passif-A)
--	--	---

I-8-4-Les labels de performance énergétique :

En matière énergétique et environnementale, il existe une multitude d'organismes, labels ou certifications. Impossible de les lister tous : chacun a ses caractéristiques, souvent redondantes, parfois antagonistes ; (Tab.11).

Tableau 11 : Les labels de performance énergétique ; **Source** : Auteurs.

	HPE	THPE	Effinergie +
Constructions neuves à Hautes Performances Énergétiques	La Cep d'un bâtiment labellisé HPE est réduit de 10% par rapport au niveau exigé de la RT 2012. Ce label est aussi appelé label RT 2012 -10%	La Cep d'un bâtiment labellisé THPE est réduit de 20% par rapport au niveau exigé de la RT 2012. Semblable au label Effinergie +, le label THPE a été harmonisé avec ce dernier.	Tandis que la RT 2012 impose une Consommation d'énergie primaire (Cep) inférieure ou égale à 50 kWh/m ² .an pour le résidentiel, le label Effinergie + certifie une Cep moyenne de 40 kWh/m ² .an. Il requiert également un Bbio ¹¹ (voir définition dans l'encadré) inférieur de 20% de celui imposé par la RT 2012 et un renforcement de l'étanchéité à l'air.
Maisons passives	Le label Passivhaus		
	Une maison est passive au sens où elle a besoin de très peu d'énergie pour le chauffage. Les exigences du label Passivhaus en demande moins de 15 kWh/m ² .an ce qui équivaut à 50% des besoins d'une maison sous RT 2012. Une optimisation des apports solaires, une isolation thermique performante des parois associées à une étanchéité à l'air irréprochable permettent de réduire au maximum les besoins en chauffage. La Cep (dont l'électroménager et l'informatique, par exemple) doit quant à elle être inférieure à 120 kWh/m ² .an.		
Maison à énergie positive	Le label BEPOS-Effinergie 2013		
	Un bâtiment BEPOS (Bâtiment à énergie positive) respecte les critères du label Effinergie + et produit plus d'énergie renouvelable qu'il ne consomme d'énergie non renouvelable. Pour ce calcul, l'énergie renouvelable (bois, soleil, etc.) n'est donc pas comprise dans la consommation d'énergie du bâtiment. Pour atteindre de telles performances, il est nécessaire que les déperditions thermiques du bâtiment soient minimales et de tirer bénéfice de toute ressource d'énergie renouvelable à disposition (bâtiment bioclimatique, énergie solaire, bois de chauffage, par exemple). L'énergie grise et les consommations engendrées par les déplacements des utilisateurs ne sont pas normées mais elles doivent être évaluées afin de déterminer le potentiel d'éco mobilité.		

¹¹ Bbio : Le besoin bioclimatique se mesure en points. Le coefficient Bbio évalue le besoin de chauffage, de refroidissement et d'éclairage artificiel du bâtiment.

Le label Effinergie Rénovation	
Rénovation	Pour les rénovations de bâtiment résidentiel, la Cep doit être inférieure ou égale à 80 kWh/m ² .an. Concernant les bâtiments à usage autre que résidentiel, elle doit être inférieure de 40% à celle imposée par la «RT Existant globale». En complément, le label demande à ce qu'il y ait un système de production d'électricité, excepté concernant les bâtiments tertiaires.

I-8-5-Typologie des bâtiments performants :

1. **Le bâtiment basse consommation (BBC) :** lorsque la consommation d'énergie primaire est inférieure à 50 kWh/m²/an pour les postes suivants : Chauffage, Eau Chaude Sanitaire, Ventilation, Eclairage et Refroidissement.
2. **Le bâtiment « passif » :** très faiblement consommateur d'énergie ne nécessite pas de systèmes de chauffage ou de rafraîchissement actifs.
3. **Le bâtiment zéro énergie :** combine de faible besoins d'énergie à des moyens de production d'énergie locaux. Sa production énergétique équilibre sa consommation.
4. **Le bâtiment « producteur d'énergie » :** Il est doté de moyens de production d'énergie locaux. L'expression "bâtiment producteur d'énergie" est parfois employée pour désigner un « bâtiment à énergie positive »
5. **Le bâtiment à énergie positive (BEPOS) :** est un bâtiment dont le bilan énergétique global est positif (il dépasse le niveau zéro énergie), c'est-à-dire qu'il produit plus d'énergie (thermique ou électrique) qu'il n'en consomme.
6. **Le bâtiment autonome :** Un bâtiment est autonome lorsque sa fourniture énergétique ne dépend d'aucune ressource distante. Ainsi la totalité de l'énergie consommée par le bâtiment est produite sur place à partir de ressources locales

I-9-Les labels de performance environnementale :

L'amélioration de la performance environnementale d'un bâtiment s'appuie sur la réduction de ses impacts environnementaux tout au long de son cycle de vie (de la production des éléments le composant à sa démolition) ; (Tab.12).

- ❖ **Objectifs :** La promotion des bâtiments à faible empreinte carbone.
 1. Réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur du bâtiment.
 2. Evaluer l'empreinte carbone dès la construction d'un bâtiment.
 3. Valoriser les matériaux recyclables et l'économie circulaire.

Tableau 12 : Les labels de performance environnementale ; **Source :** Auteurs.

Le label «Bâtiment Biosourcé»	Entré en vigueur le 24 décembre 2012, ce label d'État concerne uniquement les qualités environnementales et non les performances énergétiques d'un bâtiment. Il s'applique aux constructions intégrant des matériaux dits «biosourcés», c'est-à-dire issus de la biomasse végétale (bois, chanvre, paille...) et/ou animale (laine, plume...). Les exigences du label sont établies selon trois niveaux basés sur la quantité mise en oeuvre et les caractéristiques des produits biosourcés. Sa délivrance est conditionnée à de hautes performances énergétiques et à l'emploi de matériaux de classement A ou A+ sur leur étiquette Composé Organique Volatile (COV).
Le label «Bâtiment Bas Carbone»	Il récompense les bâtiments dont l'empreinte carbone est particulièrement basse. Il préfigure le contenu de la future RT qui annonce des bâtiments sobres en énergie mais aussi à faible impact environnemental en prenant en compte le bilan carbone lié à la construction. Le choix des matériaux et de leur mise en oeuvre représente une consommation d'énergie et une source d'émissions de CO2 conséquente. L'idée est de noter sur 100 la construction du bâtiment en prenant en compte : <ul style="list-style-type: none">• La conception / construction raisonnée ;• La phase d'exploitation des matériaux employés : extraction, transformation, transport et déconstruction en fin de vie ;• La prévision du recyclage ou réemploi des matériaux en fin de vie du bâtiment.

I-10-La Démarche Haute Qualité Environnementale (HQE) :

L'association HQE (Haute Qualité Environnementale) est reconnue d'utilité publique depuis 2004. Elle propose des cadres de références pour servir de trame structurante dans la réalisation d'un bâtiment. Elle n'impose pas de norme mais uniquement un cadre à respecter et à adapter à chaque projet. Ce cadre mêle des principes complémentaires pour garantir une qualité globale du bâtiment avec un respect de l'environnement mais aussi une qualité de vie des occupants, une optimisation des charges et des coûts, et un système basé sur le dialogue et la transmission des savoirs. Elle propose d'accompagner et de certifier les bâtiments participants du respect de la démarche HQE. Attention, HQE ne dispose pas de label mais seulement de certification.

I-11-Les outils graphiques de l'analyse bioclimatique :

Plusieurs méthodes de combinaison ont été développées par les chercheurs pour la manipulation simultanée des variables du confort. Parmi ces méthodes, on peut citer les diagrammes bioclimatiques, ces derniers sont des outils de synthèse qui permettent de choisir les grandes options architecturales à partir des exigences du confort thermique et des profils du climat extérieur.

Parmi les outils les plus connus dans ce domaine, on peut citer le diagramme bioclimatique d'Olgay, celui de Givoni, la gamme de confort de De Dear et de Brager, les tables de Mahoney, Le diagramme d'Evans et la méthode de Szokolay.

I-11-1-Le diagramme d'Olgay :

Les frères Olgay ont été chronologiquement les premiers à approfondir la notion de confort Thermique et à essayer d'établir des relations avec les ambiances intérieures des bâtiments.

La méthode assume que le confort thermique ne peut être à partir du seul paramètre qu'est la température d'air , mais fait au contraire d'intervenir plusieurs facteurs tel que l'humidité et la vitesse d'air ; (Fig.34).

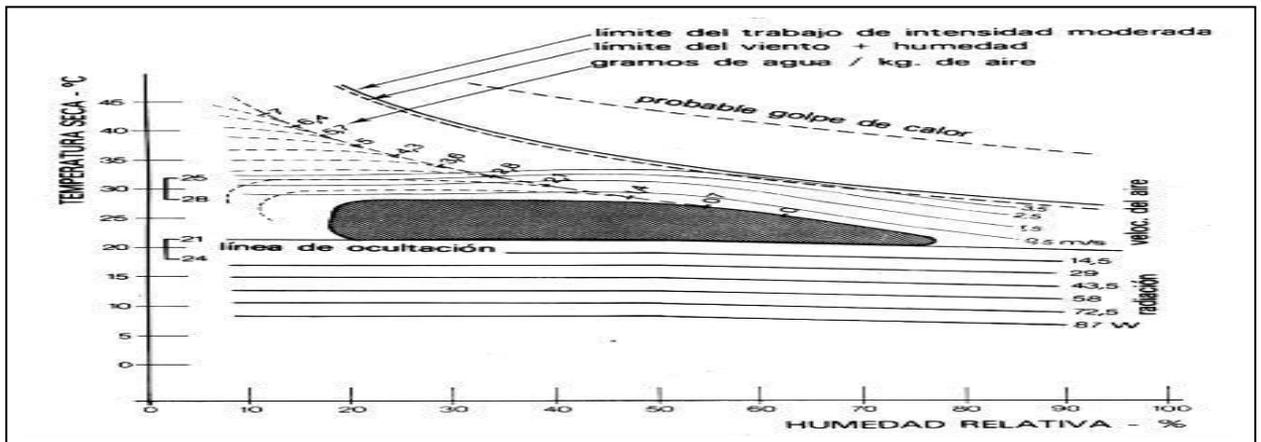


Figure 34 : Le diagramme d'Olgay ; **Source :** Hernandez, 2014

I-11-2-Le diagramme de Givoni :

B. Givoni, en se basant sur des études concernant le métabolisme et des diverses voies d'échanges thermiques entre le corps et l'environnement.

Il a élaboré un diagramme (Fig.35) ; qui représente les limites des ambiances confortables en deux parties :

- ❖ le confort proprement dit,
- ❖ entouré d'une zone de « conditions supportables ».

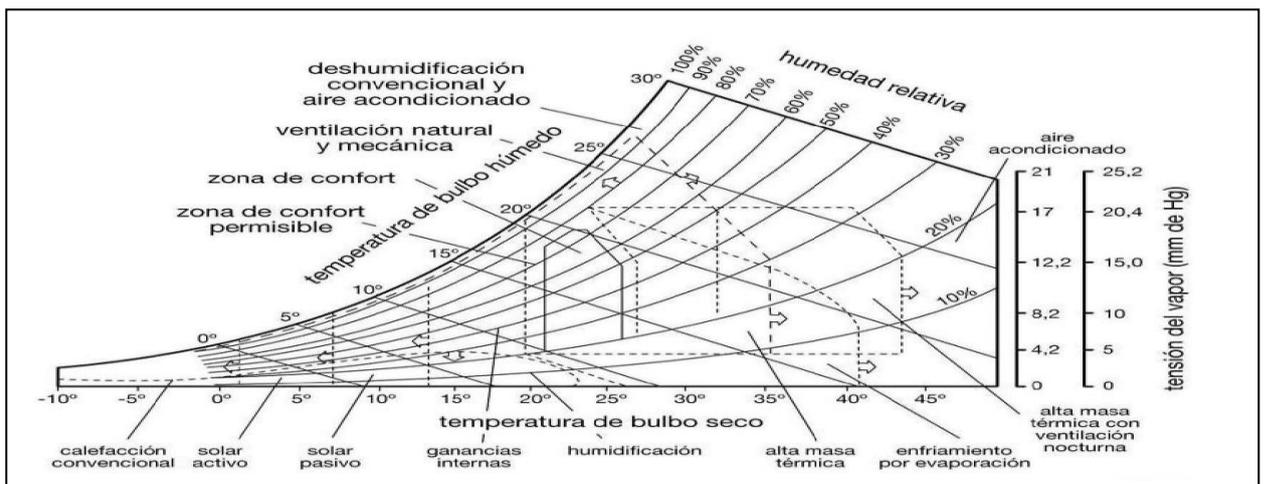


Figure 35 : Le diagramme de Givoni ; **Source :** Hernandez, 2014

I-11-3-La gamme de confort de De Dear et de Brager :

La gamme de confort de De Dear reflète l'approche adaptative du confort. Cette gamme est un outil permettant de déterminer la température de confort (température neutre) à l'intérieur d'un bâtiment à ventilation naturelle en fonction de la température extérieure. (ASHRAE 2004).

(Fig.36).

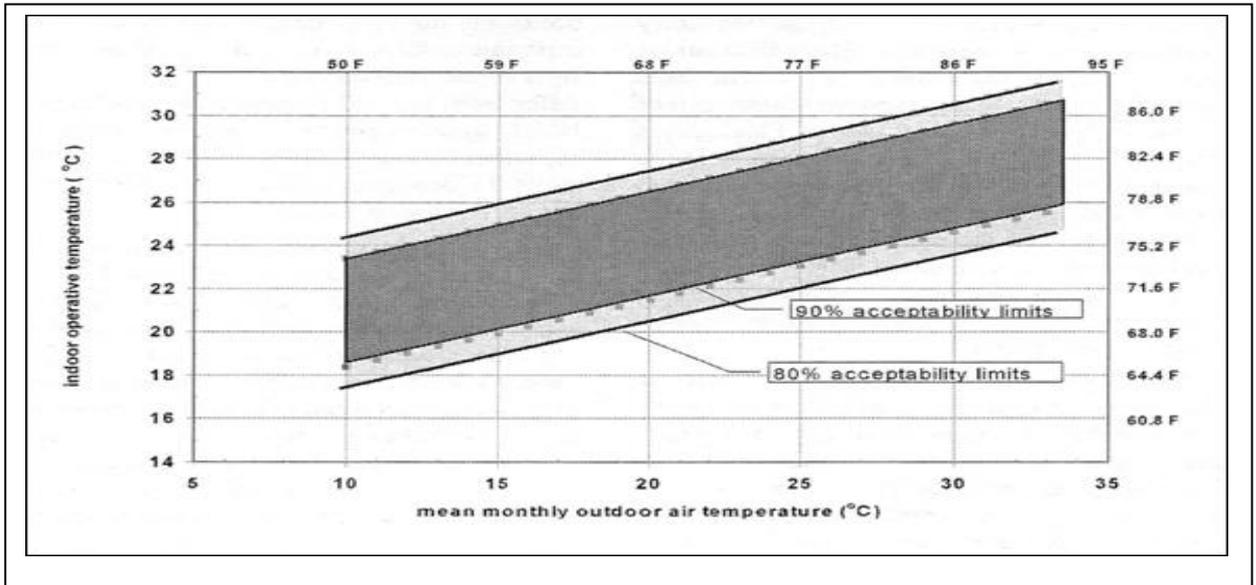


Figure 36 : La gamme de confort de De Dear et de Brager ; **Source :** ASHRAE, 2004

I-11-4-Les tables de Mahoney :

Les tables de Mahoney se présentent sous forme d'une série de tables référentielles permettant d'aboutir à des recommandations pertinentes permises par la méthode sur les éléments architecturaux d'un projet ainsi que sur l'aménagement extérieur.

La méthode concerne la température, l'humidité, le confort diurne et nocturne et certaines variables sociales et fonctionnelles.

L'ensemble des tables peut être réparti en trois catégories :

- 1-Catégorie des tables des données climatiques.
- 2-Catégorie des tables du diagnostic.
- 3-Catégorie des tables de recommandations.

I-11-5-Le diagramme d'Evans (le diagramme des triangles) :

Ce diagramme a été développé par Evans qui suggère différentes stratégies permettant d'instaurer un seuil satisfaisant de confort selon la température moyenne mensuelle et l'amplitude thermique ;(Fig.37).

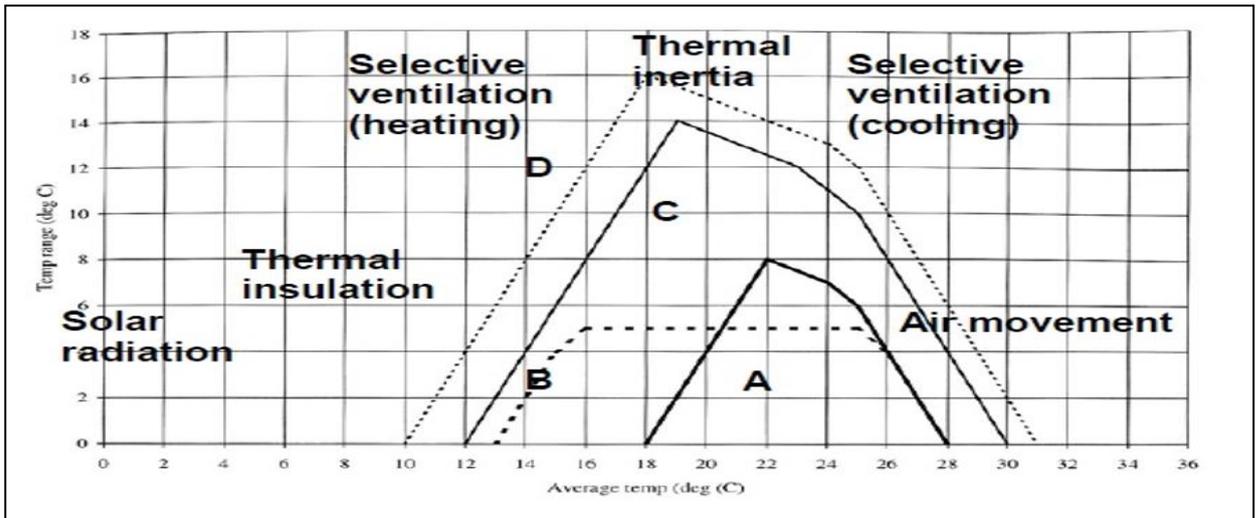


Figure 37 : Le diagramme des triangles d'Evans ; **Source :** Evans, 2007

I-11-6-Le diagramme de Szokolay :

Le diagramme de Szokolay est inspiré des travaux de Givoni et d'Olgyay mais beaucoup plus développés que les diagrammes précédents.

La particularité de ce diagramme à celui de Givoni et d'Olgyay est la considération de la température neutre et la température effective de l'approche adaptative (ASHRAE), ce qui permet de définir des zones de confort selon la spécificité de chaque climat et donc d'aboutir à des résultats en étroite relation avec les besoins climatiques de la région où se trouve le projet ; (Fig.38).

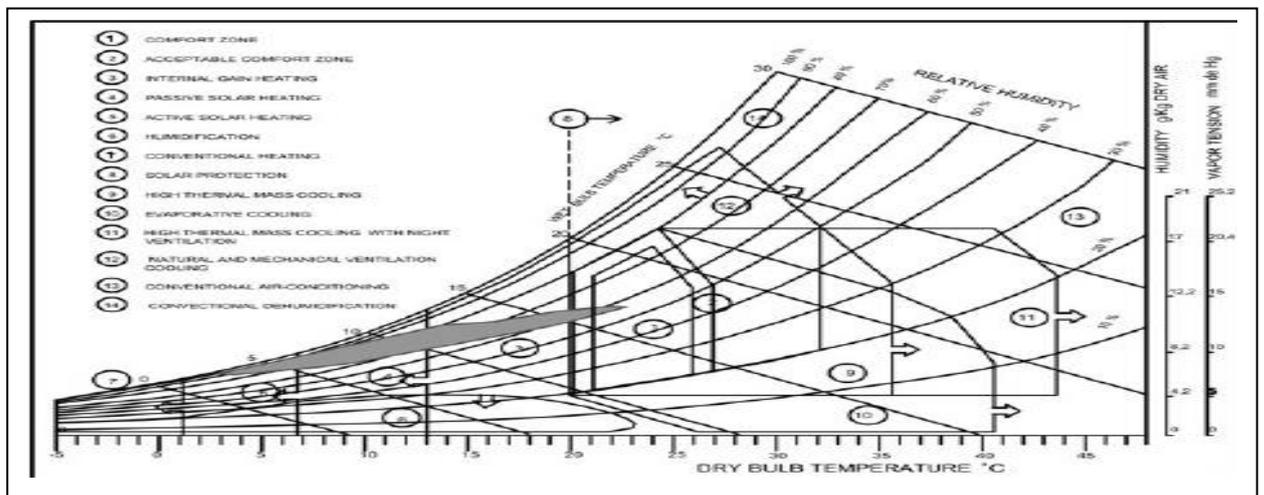


Figure 38 : Le diagramme de Szokolay ; **Source :** Szokolay, 1979

I-12-Recommandations bioclimatiques selon les zones climatiques en Algérie :

Un tableau qui résume les différentes recommandations bioclimatiques spécifiques à notre zone climatique littorale ; (Tab.13).

Tableau.13 : Les recommandations bioclimatiques Algériennes spécifiques à la zone littorale ;

Source : Auteurs.

ZONE CLIMATIQUE : LITTORAL		
RECOMMANDATIONS	HI : PERIODE D'HIVER (5mois)	EI : PERIODE D'ETE (3mois)
1. ORIENTATION	Sud souhaitée ou proche du Sud (Ouest à proscrire).	Nord et Sud ; Est à éviter (Ouest à proscrire).
2. ESPACEMENT ENTRE BATIMENTS	Espacement favorisant circulation vents mais avec protection vents froids.	Espacements favorisant circulation vents frais mais avec protection vents chauds.
3. VENTILATION OU AERATION D'ETE		Ventilation nocturne ; Prévoir moustiquaires pour garantir la ventilation ; Cuisines ventilées.
4. OUVERTURES, FENETRES	Sur surface totale ouvertures prévues, affecter, pour captage soleil hiver surface vitrage Sud égale à 0.2 par m plancher.	Moyennes 25% à 40% de la surface des murs.
5. MURS ET PLANCHER	Massifs ; Inertie à rechercher ; Murs en béton, pierre, toub, parpaing plein.	Massifs ; Inertie à rechercher et de couleurs claires à l'extérieur.
6. TOITURE	Légère et bien isolée.	De couleur claire et isolée.
7. ISOLATION THERMIQUE	Isolation toiture.	Isolation toiture.
8. PROTECTION	D'hiver des vents dominants froids du Nord, Nord-Ouest, des précipitations et condensations.	D'été ; Brise soleil fenêtre Sud, S-E et S-O, N-O et N-E.
9. ESPACES EXTERIEURS	A prévoir côté Sud Est à Sud-Ouest.	Espaces extérieurs ombragés (pergolas, végétation ...).
10. VEGETATION	Pare vent végétation à feuilles persistantes.	Végétation à feuilles caduques (vignes, figuiers ...) ; Ombrage fenêtre et murs ensoleillés.
11. CHAUFFAGE PASSIF	Chauffage passif par vitrage Sud ou serre véranda ; Appoint la nuit ou jours de nuages.	
12. CLIMATISATION		Inutile.

II-LA THEMATIQUE DU PROJET :

L'Algérie actuellement est conduite par un modèle de développement basé essentiellement sur une richesse naturelle limitée qui est les hydrocarbures , écologiquement très polluante et un partage injuste des richesses, ajoutant à cela, la crise financière à laquelle, tout le pays fait face, engendrée par cette dépendance à une seule ressource, dont les revenus ont chuté ces dernières années, et qui ont eu des conséquences drastiques sur l'économie nationale ,mettant ainsi l'avenir du pays dans une situation incertaine, c'est pourquoi, Le tourisme en Algérie est une autre chance de sortir de la dépendance vis à vis des hydrocarbures.

Dans cette perspective, notre travail va contribuer à mieux cerner les questions liant tourisme et environnement et à appréhender les nouvelles tendances du secteur.

II-1-Présentation du tourisme :

II-1-1-Définition du tourisme :

❖ Selon le dictionnaire Larousse :

Tourisme (nom masculin)

1. activité qui consiste à voyager, à visiter un pays, pour son agrément.
2. ensemble des moyens mis en œuvre pour accueillir les étrangers, les visiteurs.

❖ Selon l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) :

L'Organisation mondiale du tourisme (OMT) définit le tourisme comme « les activités déployées par les personnes au cours de leurs voyages et de leurs séjours dans les lieux situés en dehors de leur environnement habituel pour une période consécutive qui ne dépasse pas une année à des fins de loisirs, pour affaires et autres motifs ». Le terme « activités » doit être compris ici au sens général d'occupations individuelles.

II-1-2-Les aspects du tourisme :

Tourisme urbain :

Le tourisme urbain est un phénomène mondial où la ville est prise dans sa globalité : son projet urbain, la qualité de vie et de sa gestion urbaine, ses atouts historiques en termes de patrimoine, de paysage, d'histoire, mais aussi son écosystème culturel, scientifique, son vivre ensemble.

Tourisme naturel :

Voyager de manière responsable dans des sites naturels tout en préservant l'environnement et le bien-être des populations locales.

Figure 39 : Les aspects du tourisme ; **Source :** Auteurs.

II-1-3-Les formes du tourisme :

❖ **Tourisme d'affaires :**

Pépinières d'entreprises, bureaux, séminaires, week-ends et vacances d'entreprise, salles de conférences, de réunions ou de formation, entrepôts de stockage, terres cultivables.

❖ **Tourisme événementiel :**

Matches de sport, compétitions sportives, concerts et festivals Musique (acoustique exceptionnelle en montagne).

❖ **Tourisme de nature, d'observation :**

Amoureux de la nature, de la montagne, petites balades, photographes, chasseurs, cueilleurs, observateurs, etc.

❖ **Tourisme de détente, de relaxation :**

Objectifs simples : se ressourcer, se reposer, parfois se dépenser, ou/et dépenser..., massage, gastronomie, shopping, balade, yoga en altitude, etc.

- ❖ **Tourisme sportif :**
Entraînements, pratique de différents sports de montagne/vallée, événements : matchs, compétitions, courses, shows, festivals, etc.
- ❖ **Tourisme culturel :**
Tourisme historique et protégé : patrimoines Unesco, musées d'Histoire, sites historiques.
Tourisme artistique : musées d'art, expositions, vente et enchères d'objets d'art, Littérature.
Tourisme cinématographique : lieux et sites de tournage de films et séries connus.
- ❖ **Tourisme religieux et familial :**
Différent du tourisme culturel car le but est de prier, de partir en pèlerinage ou de se retrouver en famille pour fêter un événement de type religieux ou un événement familial.
- ❖ **Tourisme durable, éco-tourisme :**
Lieux privilégiés : parcs naturels régionaux et nationaux, sites Unesco, réserves naturelles, espaces naturels sensibles, zones nationales d'intérêt faunistique et floristique,...
- ❖ **Tourisme artisanal et commercial :**
Producteurs locaux, vente directe, produits artisanaux, spécialités locales. Inclus le tourisme œnologique.
- ❖ **Tourisme industriel :**
Visites de sites de production ou de fabrication (énergies renouvelables, éoliennes, remontées mécaniques, etc.).
- ❖ **Tourisme social et solidaire :**
Centres de vacances, classes de neige, vacances solidaires.
- ❖ **Tourisme gastronomique :**
Spécialités culinaires locales, fromages, biscuits, confiseries, charcuterie, boucherie, etc.
- ❖ **Tourisme scientifique :**
Observation de la faune et de la flore, LPO, Frappa, Parcs naturels, Réserves naturelles, guides nature.
- ❖ **Tourisme de santé :**
Thalassothérapie, professionnels de la santé reconnus dans leur spécialité.
- ❖ **Tourisme de divertissement :**
Parcs d'attractions, parcs et centres aquatiques et aqua ludiques, parcs aventure, accrobranches, tyroliennes, saut à l'élastique, karting, saut en parachute...
- ❖ **Tourisme créatif :**

Ateliers, week-ends et séjours de création (vidéo, sites web, jeux vidéo, BD, peinture, dessin, musique, poterie, verrerie, cosmétiques, cuisine, etc.)

❖ **Tourisme balnéaire :**

C'est le tourisme des vacances au bord de mer. Il constitue la forme de tourisme la plus répandue dans le monde. La côte, la plage, la mer et le soleil sont des attraits indéniables pour les touristes. D'ailleurs le tourisme balnéaire est la première forme touristique apparue dans le monde.

II-1-4-Concepts liés au tourisme :

II.1.4.a. Zone d'Expansion Touristique (ZET) :

Toute région ou étendue de territoire jouissant de qualités ou de particularités naturelles, culturelles, humaines et créatives propices au tourisme, se prêtant à l'implantation ou au développement d'une infrastructure touristique et pouvant être exploitée pour le développement d'au moins une sinon plusieurs formes rentables de tourisme.

II.1.4.b. Site touristique :

Tout paysage ou lieu présentant un attrait touristique par son aspect pittoresque, ses curiosités, ses particularités naturelles ou les constructions qui y sont édifiées, auquel est reconnu un intérêt historique, artistique, légendaire ou culturel, et qui doit être entretenu ou mis en valeur dans son originalité et préservé tant de l'érosion que des dégradations du fait de la nature ou de l'homme.

II.1.4.c. Zone de protection :

Partie d'une zone d'expansion ou d'un site touristique non constructible nécessitant une protection particulière en vue de conserver ses qualités naturelles, archéologiques ou culturelles.

II.4.1.d. Attrait touristique :

Site ou lieu à caractère permanent ou saisonnier, représentant un centre d'intérêt propice à des activités. Une attraction touristique peut être notamment un parc, un lieu à vocation culturelle, récréative, un centre éducatif ou d'interprétation, un musée, un jardin zoologique, un aquarium, un parc d'attractions, une réserve faunique, un site naturel, un lieu historique ou religieux.

II.4.1.e. Produit touristique :

Le produit touristique est un ensemble de services touristiques uniques qui sont assemblés pour être offerts à une clientèle ciblée. Ces services, généralement peu homogènes, interagissent entre eux et sont bien plus qu'une simple juxtaposition. En général, il propose au moins deux prestations bien distinctes (transport, hébergement, restauration, loisirs et autres services), propose une thématique précise (gastronomie, aventure, wellness, etc.) et est destiné à un public ciblé.

II.1.4.f. Aménagement touristique :

Est la valorisation des ressources naturelles, humaines, culturelles et économique d'un territoire à travers une politique de développement touristique, concrétisée en partie, grâce à un plan d'aménagement considérant les différents consistants du marché touristique.

Les méthodes d'aménagement touristique dépendent de chaque type d'espace (rural, urbain, littoral et montagnard).

II.1.4.g. Aménagements littoraux :

Ce sont les aménagements situés hors des zones d'activités portuaires, comprenant les aménagements de protection contre la mer, et les infrastructures d'accès au littoral.

II-1-5-Développement du tourisme balnéaire en Algérie :

Le tourisme balnéaire joue un rôle fondamental dans le développement économique des pays des deux rives du bassin méditerranéen. Climat tempéré, plages sablonneuses et beauté du paysage naturel côtier représentent le support à cette nouvelle activité. Si dans beaucoup de pays, comme l'Espagne, le Maroc, la Tunisie, la France, etc., une large surface du littoral est mise en tourisme, les aménagements touristiques restent en Algérie très ponctuels et en décalage avec la demande réelle de la population. La volonté de l'Etat algérien de faire du tourisme balnéaire une activité génératrice de richesse dans l'objectif d'atténuer la dépendance de l'économie au secteur des hydrocarbures, rencontre beaucoup de difficultés telles la question des enjeux fonciers et les dysfonctionnements entre les outils d'aménagement et ceux de protection de la nature.

II-2-Présentation de l'océanographie :

II-2-1-Concepts océanographiques :

II-2-1-a-Définition de l'océan :

L'océan est :

1. une source de nourriture et de matières premières.
2. une composante essentielle du système climatique.

II-2-1-b-Définition de l'océanographie :

L'océanographie est une science qui étudie les mers, les océans : leurs limites et leurs interactions avec l'air, le fond, les continents mais aussi les organismes qui y vivent.

- ❖ **Océanographie** : formé de –océan et –graphie. Le suffixe –graphie désigne l'action d'écrire, par extension décrire.
- ❖ **Océanologie** : formé de –océan et –logie. Méthodes et opérations scientifiques, techniques mises en œuvre en vue de la prospection, de l'exploitation économique ou de la protection des océans.

Le suffixe –logie, issu du grec –logos, désigne le discours, par extension la rationalité, l'étude.

❖ Océanographie ou Océanologie ?

Suivant les sources ou les personnes consultées, des flottements existent dans les définitions... On peut rencontrer les termes « océanographie » et « océanologie » employés comme des synonymes.

II-2-2-Aperçu historique sur l'océanographie :

L'histoire remonte à l'époque d'Aristote qui s'est touché le phénomène de marées et les mouvements de la terre d'une part, et celui de la lune et du soleil d'autre part ; (Fig.40).

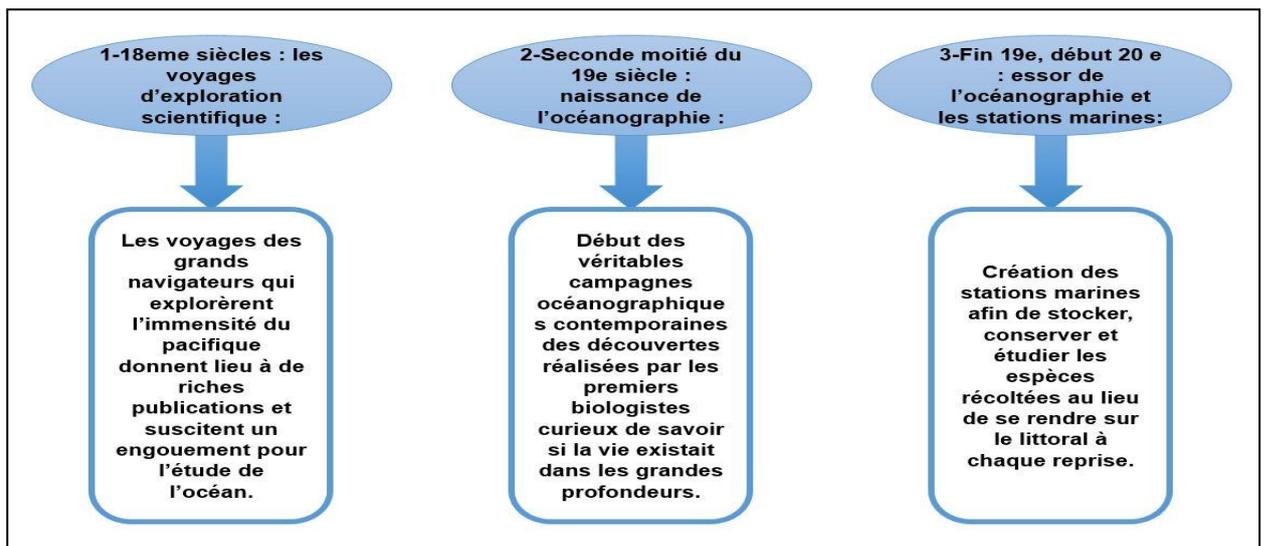


Figure 40 : L'évolution de l'Océanographie dans le monde ; **Source :** Auteurs.

II-2-3-Domains de l'océanographie :

L'océanographie ce n'est pas une science comme une autre car elle fait intervenir de nombreuses disciplines scientifiques, à l'image de la multiplicité de ses domaines d'études ; (Fig.41).

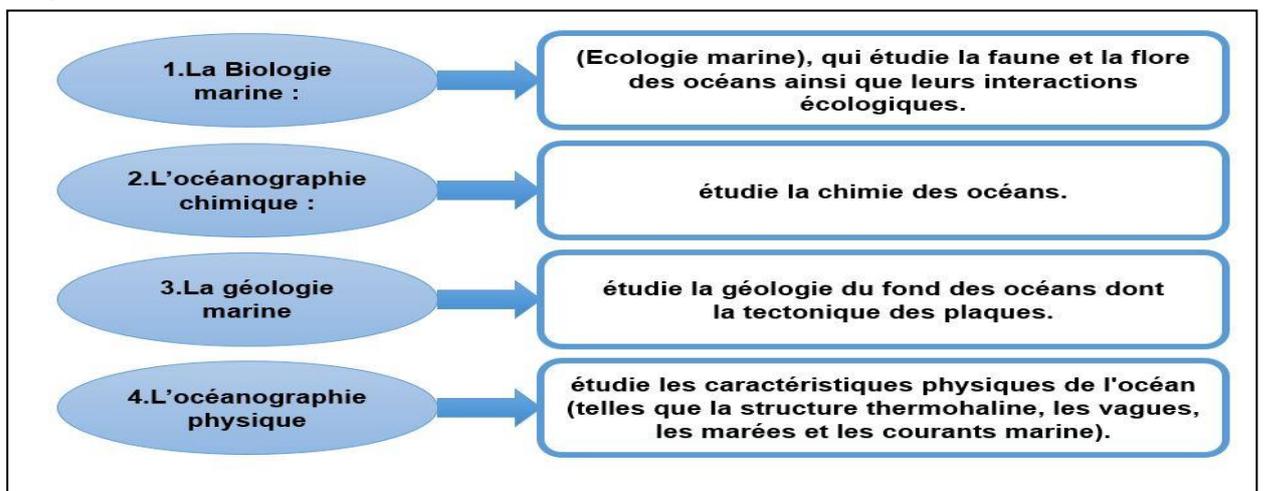


Figure 41 : Les domaines de l'Océanographie ; **Source :** Auteurs.

III-PRESENTATION DU BATIMENT :

Notre choix du projet s'est porté sur « Un Centre Océanographique », qui aura comme mission :

- ❖ Développer des recherches scientifiques concrètes et innovantes du milieu marin ;
- ❖ Diffuser et vulgariser l'information scientifique et la rendre accessible au public.

III-1-Définition d'un Centre Océanographique :

- ❖ Un centre est un lieu privilégié de développement de la recherche jouissant d'une certaine stabilité. Son rôle consiste pour l'essentiel à consolider des ressources humaines autour d'une thématique bien définie, généralement multidisciplinaire.
- ❖ Notre Centre Océanographique est un produit touristique qui s'étend dans une dimension scientifique, culturelle et durable.

III-2-Ses objectifs :

Le centre océanographique s'attache à mieux faire connaître la richesse et la fragilité des océans, à promouvoir une gestion durable et une protection raisonnée et efficace de ces derniers ; (Fig.42).

Informer

- Promouvoir la connaissance des océans pour assurer les fondements scientifiques d'une action politique responsable,
- Développer un réseau de partenariats permettant de mobiliser les connaissances les plus à jour,
- Vulgariser et diffuser la connaissance scientifique pour la rendre accessible au plus grand nombre, et mettre en relation résultats scientifiques et attentes du public,
- Mettre en lumière le rôle essentiel des océans et de la biodiversité marine pour notre environnement et sensibiliser sur les dangers qui les menacent en identifiant des solutions.
- Développer une vision globale des enjeux, couplant les dimensions environnementales, économiques et sociales.

Sensibiliser

- Emerveiller le public par la beauté de la vie marine ;
- Proposer une association originale et fascinante du Vivant, de la Science et de l'Art ;
- Divertir le grand public en proposant une approche ludique, divertissante et moderne du monde des océans ;
- Faire rêver en soutenant les explorations et découvertes.

Figure 42 : Les objectifs du Centre Océanographique ; **Source** : Auteurs.

III-3-Sa typologie :

Par son contexte géographique, sa contribution dans l'économie future du pays tout en s'inscrivant dans une démarche environnementale durable, notre Centre Océanographique abrite trois entités différentes ; (Fig.43).

- ❖ Une partie publique : dédiée à la détente et loisir ;
- ❖ une partie parapublique : dédiée à l'exposition et à la vulgarisation du milieu marin ;
- ❖ une partie privée : dédiée à la recherche scientifique maritime.

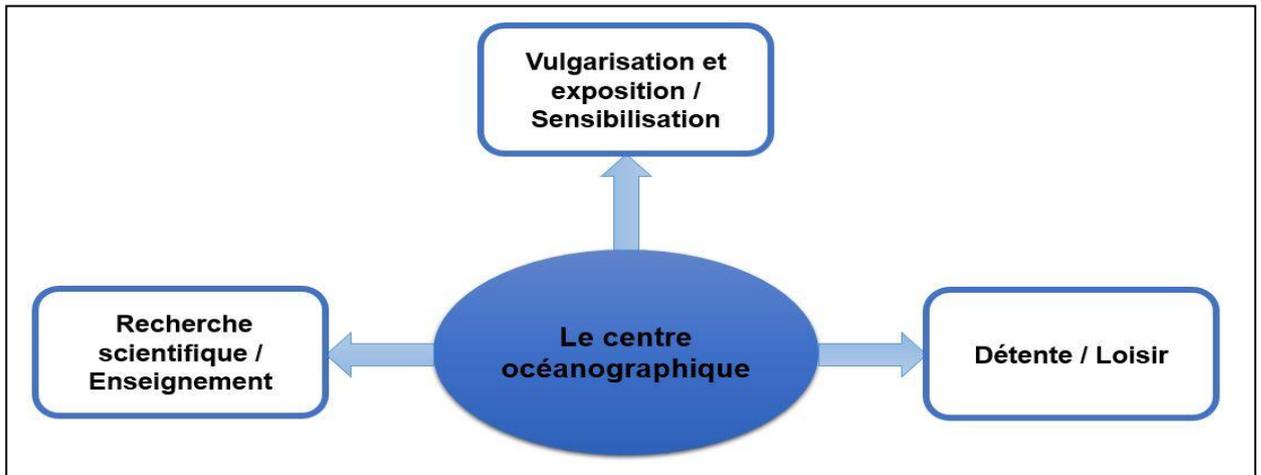


Figure 43 : Les entités du Centre Océanographique ; **Source :** Auteurs.

III-4- La programmation architecturale :

La programmation consiste à définir les critères principaux du projet architectural, c'est-à-dire la manière dont ses espaces s'organisent selon leurs propres activités et de déterminer leurs besoins qualitatifs et quantitatifs ainsi que leur exigence formelle, fonctionnelle, spatiale et technique.

La programmation sert à répondre aux besoins des futurs usagers du projet en question.

L'élaboration du programme de notre projet « Centre Océanographique » s'appuie sur :

- ❖ La recherche thématique ;
- ❖ La diversité des besoins.

La programmation architecturale doit répondre à ses trois questions fondamentales ; Pour qui ? Pourquoi ? Et Comment ? (Fig.44).

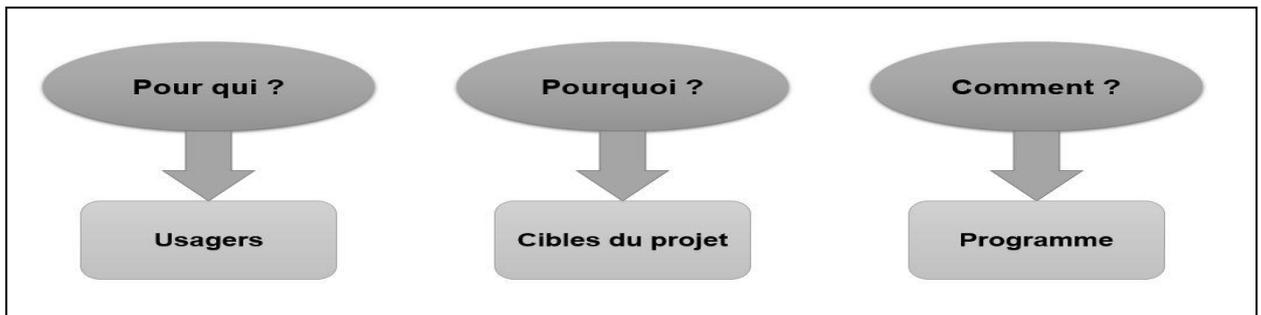


Figure 44 : Les questions fondamentale de la programmation architecturale ; **Source :** Auteurs

III-4-1-Les usagers :

Dans notre « Centre Océanographique », on distingue quatre types d'usagers ; (Fig.45).

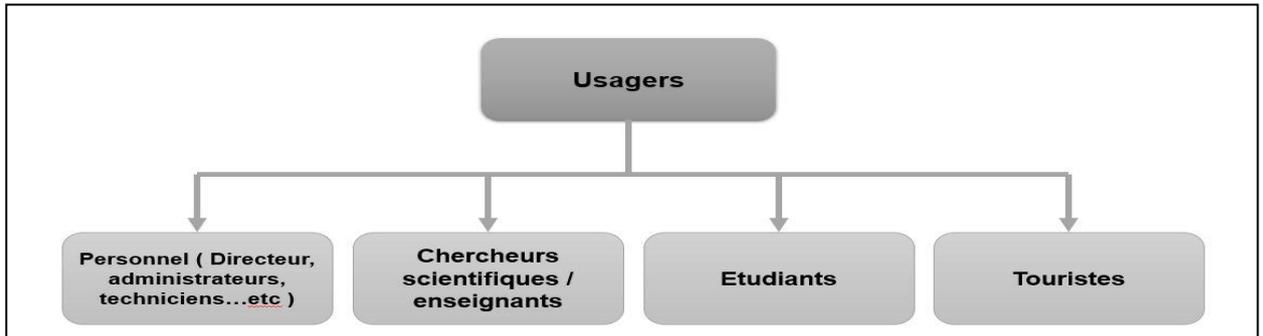


Figure 45 : Les différents types d'usagers du Centre Océanographique ; **Source :** Auteurs.

III-4-2-Les cibles du projet :

Notre Centre Océanographique doit rayonner sur deux échelles spécifiques :

- ❖ à l'échelle régionale ;
- ❖ et à l'échelle nationale.

III-4-3-Le programme:

III-4-3-a-Identification des fonctions :



Figure 46 : La classification des fonctions du Centre Océanographique ; **Source :** Auteurs.

III-4-3-b-Identification des espaces majeurs du Centre Océanographique :

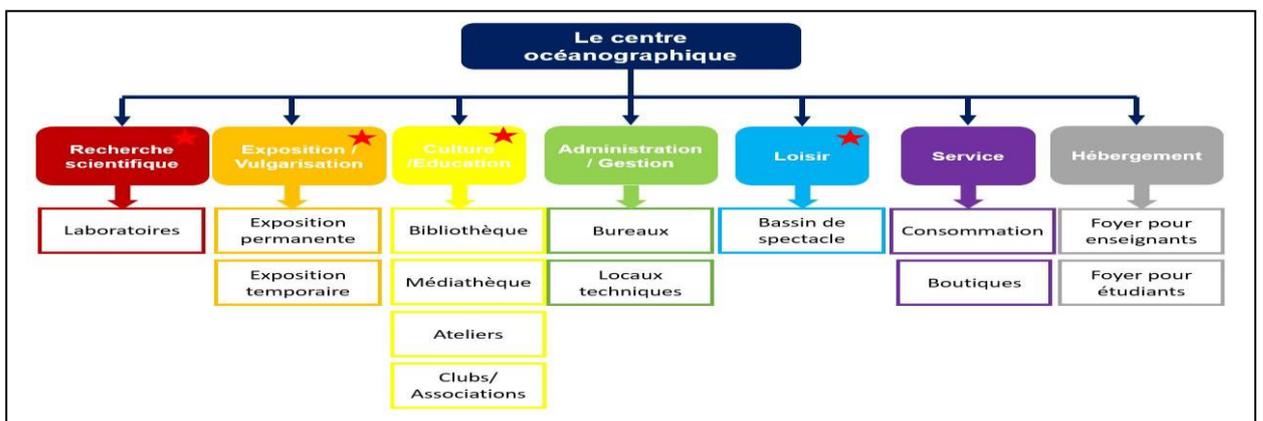


Figure 47 : Les espaces majeurs du Centre Océanographique ; **Source :** Auteurs.kh

III-4-3-c-Organigrammes fonctionnels :

1. Entité de la recherche scientifiques / enseignement :

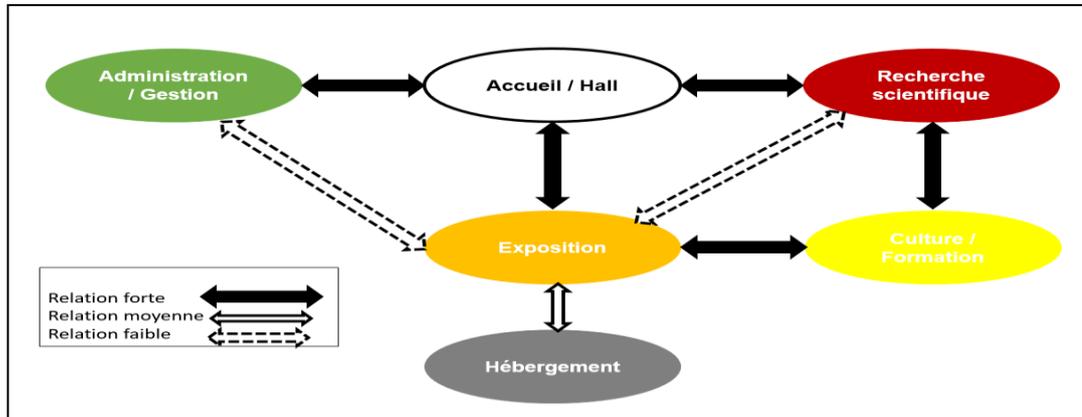


Figure 48 : Organigramme fonctionnel de l'entité de la recherche scientifique / enseignement ;

Source : Auteurs.

2. Entité de la vulgarisation et exposition / sensibilisation :

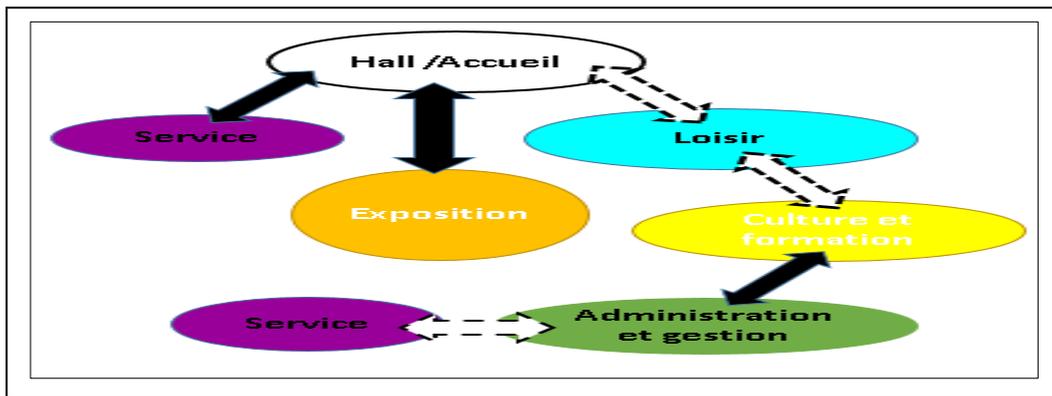


Figure 49 : Organigramme fonctionnel de l'entité de la vulgarisation et exposition / sensibilisation ;

Source : Auteurs.

3. Entité de détente / loisir :

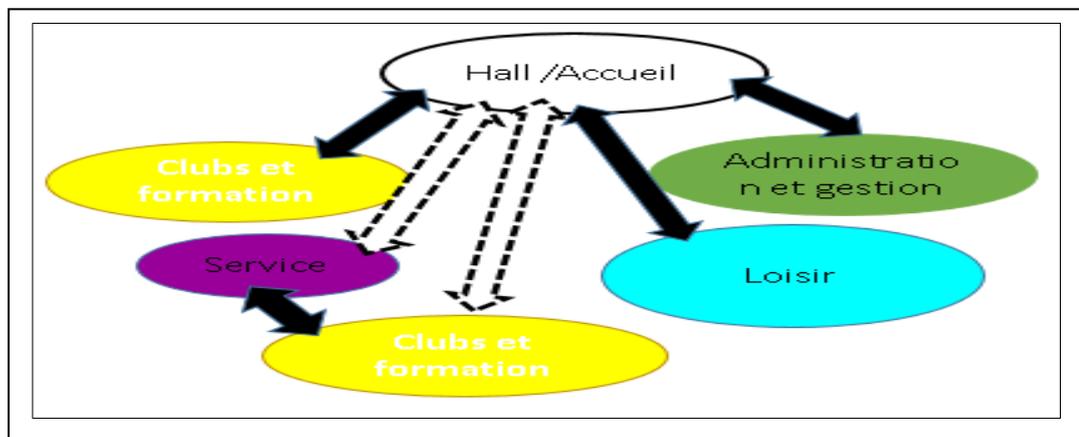


Figure 50 : Organigramme fonctionnel de l'entité de détente / loisir ;

III-4-3-d-Le programme quantitatif du Centre Océanographique :

Tableau 14 : Le programme surfacique

Fonction	Espace	Surface	Nombre	Surface totale
Administration / Gestion	Hall d'accueil	300 m ²	1	300
	Réception	50 m ²	1	50
	Sanitaires	40 m ²	2	80m ²
	Bureau de directeur	45 m ²	3	135m ²
	Bureau de secrétaire	30 m ²	3	90m ²
	Bureau groupé gestionnaire +comptable	60 m ²	3	180m ²
	Salle de réunion	60 m ²	3	180m ²
	Salle d'archive	20 m ²	3	60m ²
	Sanitaires	40 m ²	2	80m ²
	Dépôt	300 m ²	3	900m ²
	Local technique	70 m ²	5	350m ²
	Vestiaire	55 m ²	6	330m ²
	Infirmierie	60 m ²	3	180m ²
Recherche scientifique	Laboratoire de flore maritime	200 m ²	1	200m ²
	Laboratoire de faune maritime	250 m	1	250m ²
	Laboratoire d'analyses industrielles	180 m ²	1	180m ²
	Salle de conférence	300 m ²	3	900m ²
	Laboratoire de quarantaine	150	1	150m ²
Formation / Culture	Atelier	160 m ²	6	960m ²
	Salle de cours	70 m ²	3	210m ²
	Salle de projection	100 m ²	2	200m ²
	Salle de professeurs	65 m ²	1	65m ²
	Bibliothèque	300 m ²	2	600m ²
	Salle d'informatique	140 m ²	1	140m ²
	Salle de lecture	250 m ²	2	500m ²

	Sanitaires	40 m ²	2	80m ²
Exposition / Vulgarisation	Salle d'exposition permanente	150	4	600m ²
	Salle d'exposition temporaire	300	3	900m ²
	Galerie	100	6	600m ²
	Jardin aquatique	200	1	200m ²
	Sanitaires	40 m ²	2	80m ²
	Hébergement	Chambre individuelle	20 m ²	40
Salle de jeux		280 m ²	1	280m ²
Salle de sport		300 m ²	1	300m ²
Salle de rencontre		250 m ²	1	250m ²
Salle TV		250 m ²	1	250m ²
Service	Snack	100 m ²	2	200m ²
	Restaurant	470 m ²	2	940m ²
	Cafétéria	290 m ²	3	870m ²
	Boutique	90	6	540m ²
Loisir	Bassin de spectacle	800	1	800m ²

VI-Analyse des exemples :

L'approche analytique se traduit par l'analyse des exemples qui est nécessaire avant d'entamer n'importe quel projet architectural, on peut la considérer comme une source d'inspiration et d'orientation afin que le futur projet soit fonctionnel, efficace et performant.

1. Fiche technique du projet :

Situation: la falaise du Rocher Monaco, France.

Fondé: en 1906 par le Prince ALBERT I^{er} de Monaco.

Conçu: par l'Architecte PAUL DELEFORTLE.

Superficie: 1500m² et 85m de hauteur.

Description: Le musée est construit entièrement en pierre de taille à la pointe extrême du rocher tout en surplombant à pic les flots de la mer méditerranée; il représente un point de repère et un élément d'appel pour le visiteur pour découvrir un espace très riche.



Figure 51 : Volume du centre de recherche maritime ; **Source :**

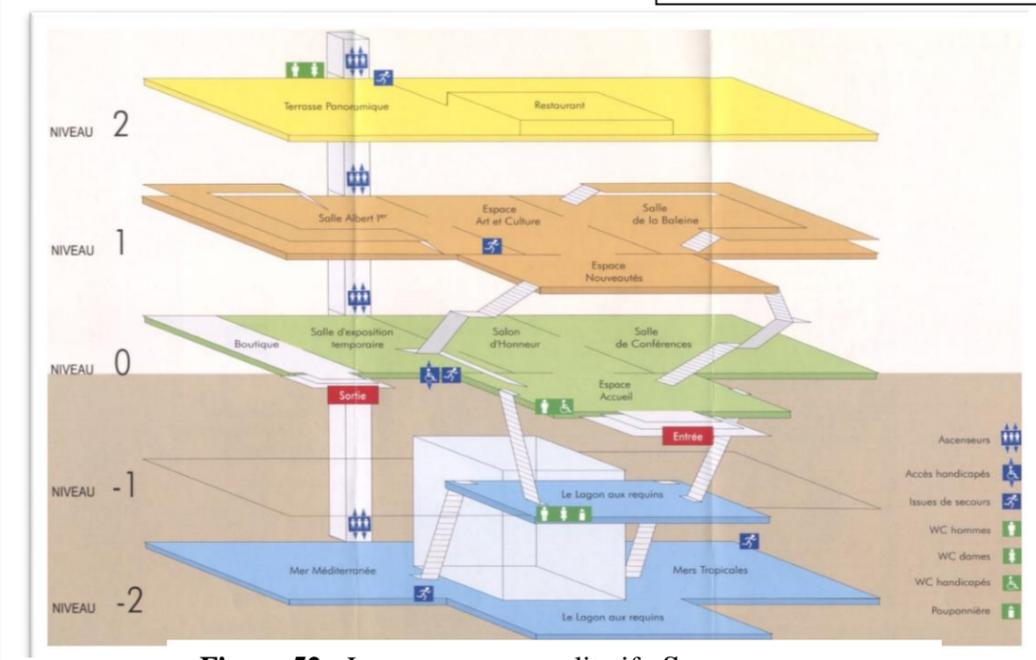


Figure 52 : Le programme qualitatif ; **Source :** oceano.mc

- Restauration et détente
- Culture et exposition
- Accueil + Exposition
- Administration + Bibliothèque
- Exposition + Recherche scientifique

3. L'aspect technique :

La quête de la mer:

L'eau de mer est aspirée par une pompe (1) à travers une crépine (2) située à 55 mètres de profondeur afin d'obtenir une eau propre et fraîche. Elle est ensuite refoulée dans une œuvre de décantation(3), puis remonte jusqu'à une tour de pression(4) d'où elle descend par gravité, après passage dans d'autres œuvres de décantation, vers l'aquarium et les laboratoires(5).

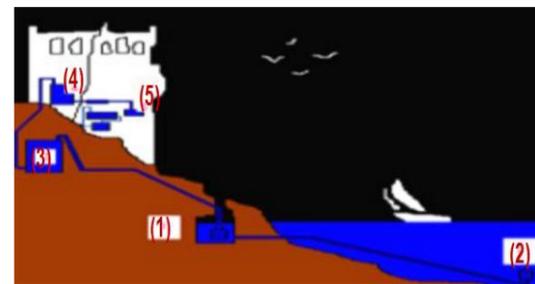


Figure 53 : La quête de la mer ; **Source :** oceano.mc

1. Fiche technique du projet :

Situation: Valence, Espagne.

Surface: 11Ha.

Conçu: En 1997.

Capacité d'accueil: 2500 étudiants.

Maitre d'ouvrage: Félix Candela.

Description du projet

L'aquarium de Valence est un lieu qui concilie plaisir, pédagogie et recherche.

On rentre dans le parc par le fameux bâtiment représentant les pétales d'un nénuphar géant.

Autour d'un grand lac, 10 pavillons de formes diverses sont consacrés chacun à la faune des différentes zones climatiques de la planète.

Un lieu très populaire est le delphinarium, qui est le plus vaste d'Europe et peut accueillir plus de 2000 spectateurs

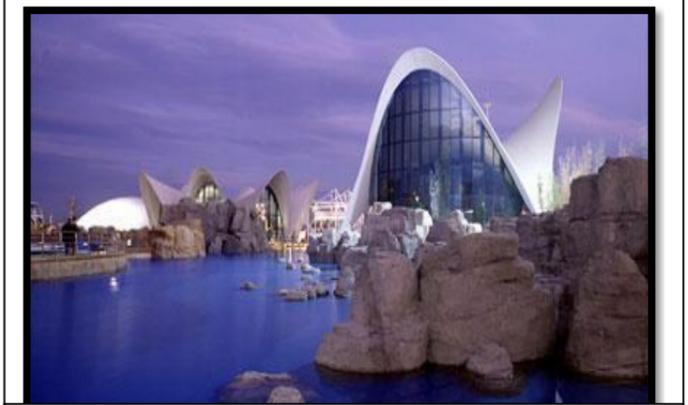


Figure 54 : Le parc océanographique de Valence ; **Source :** visite Valencia



Figure 55 : Le programme qualitatif du parc de Valence , **Source :** Valencia.com

1. Fiche technique du projet :

Situation: Bali, Indonésie.
Surface: 2500m². En cours de construction.
Capacité d'accueil: 700 étudiants.
Maitre d'ouvrage: groupe d'architectes SOLUS4.
Description : Ce projet représente une nouvelle typologie des projets stationnaires dans l'eau. Les espaces sont situés au-dessus et en dessous de l'eau pour permettre aux visiteurs de profiter pleinement de l'incroyable paysage qui entoure le projet.



Figure 56 : Volume du centre de recherche maritime Bali
Source : Article Bali tangram3DS

2. L'organisation spatiale :

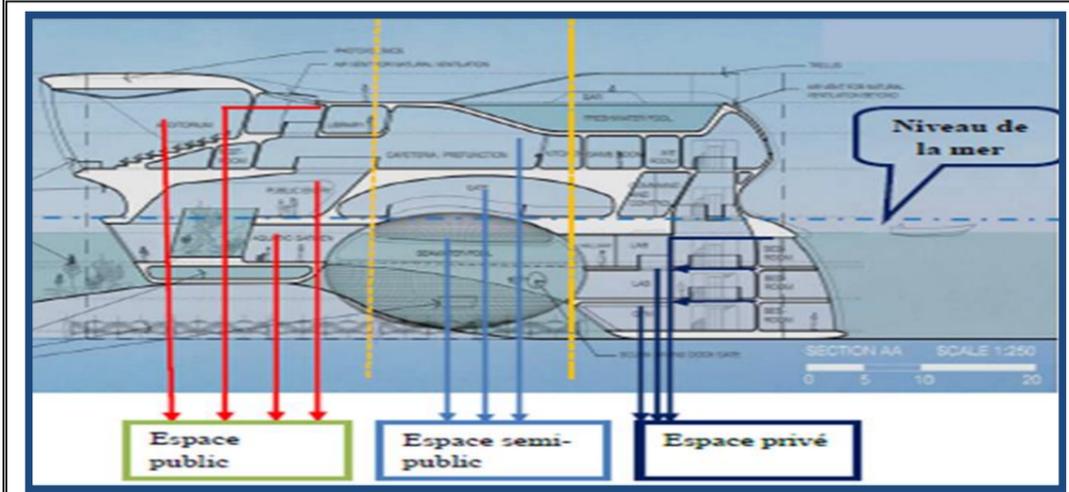


Figure 57 : La hiérarchisation des espaces selon les zones ; **Source :** planet techno

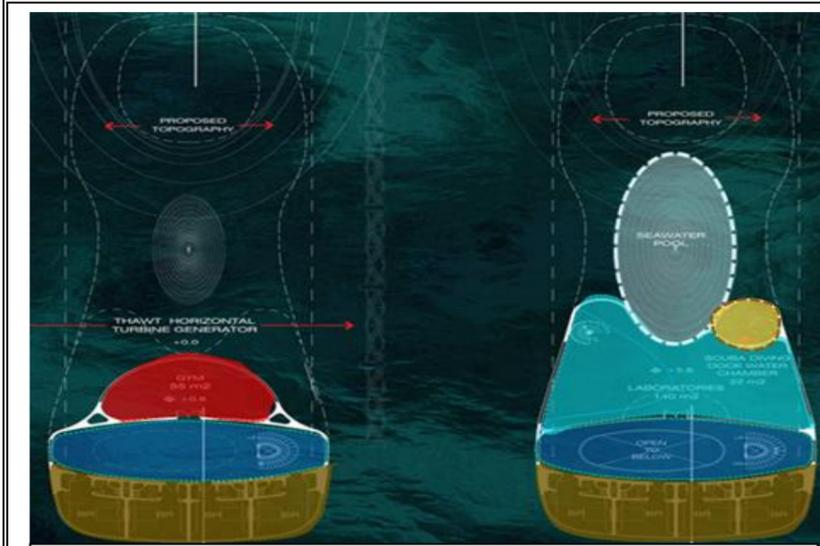


Figure 58 : Plan du 3^{ème} et du 2^{ème} niveau sous la mer ; **Source :** planet techno traitée par Auteurs

Aquarium
Laboratoires de recherche
Mezzanine; hall; escalier
Salle de gymnastique
Cambre des scientifiques
Local technique

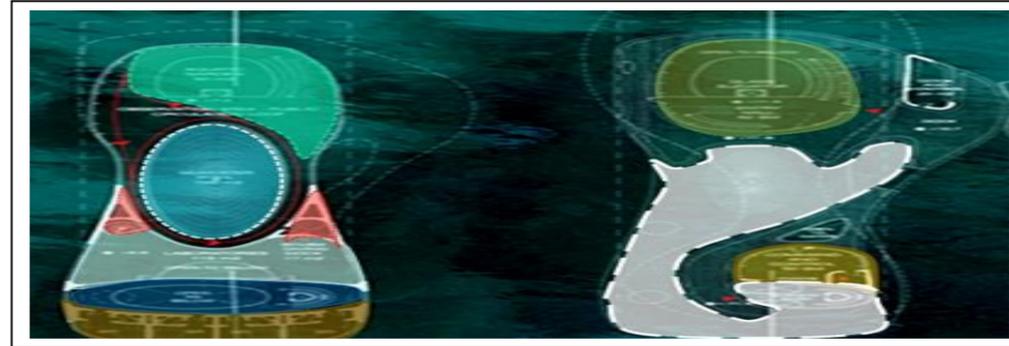


Figure 59 : Plan du 1^{er} niveau sous la mer, plan du 1^{er} niveau sur la mer ; **Source :** planet techno traitée par auteurs.

Piscine	Espace public
Cage d'escalier	Circulation verticale et horizontale
Laboratoires de recherche	
Cambre des scientifiques	Local technique

Auditorium
Sanitaires
Cafétéria, salle de jeux, salle d'informatique
Local technique
Bibliothèque, librairie ouverte
Bar, restaurant
Piscine



Figure 60 : Plan du 2^{ème}, 3^{ème} sur la mer, plan terrasse. **Source :** Planet techno traitée Auteurs

3. Les aspects bioclimatiques :

Le centre présente une conception moderne et durable avec son utilisation des ressources sur place d'énergies renouvelables grâce à son intégration de technologies telles que la marée génération de l'énergie des vagues, la ventilation naturelle, la collecte d'eau de pluie, de l'énergie solaire passive, verre à faible émissivité.



Figure 61 : Laboratoire sous mer ; **Source :** batiactu

- 1-Un système de conversion d'eau de mer en eau douce :**
 - L'eau de pluie sera collectée par l'édifice, cela permettra d'alimenter le centre en eau potable
- 2-Utilisation des matériaux transparents:**
 - Afin de ne pas polluer visuellement le magnifique site
- 3-Le climat est plutôt contraignant au niveau de la chaleur en Indonésie :**
 - Un développement de système de refroidissement de la structure, une pompe sous-marine apportera l'eau froide de l'océan pour rafraichir le centre.
- 4-Le centre fonctionnera par l'énergie solaire :**
 - Les vitres et la structure sont composées de cellules photovoltaïques, l'énergie de l'océan sera convertie en électricité via des générateurs marémoteurs

IV.4.Synthèse générale:

En analysant les exemples ci-dessus, on a pu déceler les caractéristiques propres à chacun d'entre eux afin de les insérer de manière globale dans notre futur projet.

1.Le musée de Monaco :

Lieu de rencontre pour le grand public, les étudiants et chercheurs, avec une triple vocation. Il est tout à la fois Muséum d'Histoire Naturelle, Musée scientifique, Musée d'Art. Parmi ses moyens d'action : la muséologie, une bibliothèque, des conférences de vulgarisation.

2.Le parc Océanographique de Valence :

Un lieu qui concilie plaisir, pédagogie et recherche. Autour d'un grand lac;10 pavillons de formes diverses sont consacrés chacun à la faune des différentes zones climatiques de la planète. Il représente un excellent aménagement urbain.

3.Le centre de recherche maritime de Bali :

Le volume est une imposante structure fluide qui s'adapte à son environnement marin , une conception moderne et durable. La station marine se divise en différents espaces destinés aux scientifiques et aux touristes.

V.Conclusion :

A l'issue de cette recherche, nous sommes arrivées à déterminer les recommandations adéquates à différentes échelles qui permettent au projet de se concrétiser.

❖ A l'échelle urbaine :

- Créer des chemins et des percées afin d'avoir une échappée visuelle de l'intérieur du projet vers l'extérieur c'est-à-dire vers la vue panoramique donnant sur la mer.
- Régulariser l'écoulement équilibré de l'air dans la ville.
- Prévoir des aménagements extérieurs qui répondent aux besoins des touristes.
- Préserver la jonction entre le centre-ville et le front de mer.

❖ A l'échelle architecturale :

- Adapter la forme du projet au milieu marin.
- Opter pour une structure mixte car la forme sera fluide.
- Utiliser les jardins aquatiques, les bassins et les jets d'eau afin de rafraichir l'air.
- Assurer la relation visuelle entre les différents espaces par des espaces de transition : les jardins, les terrasses, les galeries...

❖ L'échelle technique :

- Rénover la station d'épuration qui existe à proximité du site.
- Privilégier la ventilation naturelle par la bonne exploitation des vents maritimes.

- Favoriser l'éclairage naturel afin de minimiser l'éclairage artificiel.
- Utiliser du verre acrylique pour les aquariums.
- Opter pour les murs rideaux et les baies vitrées (la transparence) afin de profiter de la vue panoramique du site.
- Utiliser la technique de la quête de l'eau de mer pour alimenter la station marine.
- Collecter et recycler l'eau de pluie en eau potable.
- Exploiter l'énergie solaire.
- Profiter de l'énergie éolienne.

Partie 3 :

INTRODUCTION

On considère que le confort est un des composantes de la qualité de vie, de la santé et donc de l'accès au développement humain. Il intéresse les économistes, les employeurs et l'organisation du travail car il influe aussi sur la productivité des groupes et des individus.

En termes d'architecture le confort de l'homme est une synthèse de nombreux éléments, tels que le confort thermique, le confort acoustiques, la qualité de l'air et la qualité lumineuse des espaces. Cette dernière provient de l'adéquation entre l'activité définie d'un local, la quantité de lumière, et la qualité de cette lumière : sa couleur, sa variabilité, les contrastes qu'elle crée, etc.

I-PRESENTATION DU CONFORT VISUEL :

L'éclairage a un effet profond sur la vie de l'être humain. Il facilite la vision qui est notre source d'informations la plus importante et il affecte notre fonctionnement biologique ; il lui permet de voir, de trouver et d'observer.

C'est l'homme et sa perception qui décident si un éclairage est efficace ou non ; trop de lumière ou lumière insuffisante, mal adaptée, mal placée ou mal orientée engendre une fatigue, voire même des troubles et une sensation forte d'inconfort peut s'avérer gênante. Il s'agit donc d'avoir la bonne lumière au bon endroit.

La performance visuelle souhaitée à atteindre sera déterminée à l'aide d'un taux d'évaluation du système visuel utilisé afin de quantifier les aptitudes d'une personne à détecter, identifier et analyser les détails entrant dans son champ de vision.

I.1 La perception de la lumière :

I.1.1. Le champs visuel :

C'est l'espace délimité par la perception spatiale de l'œil, sans bouger la tête. Le champ horizontal total des yeux est d'environ 160° lorsqu'ils sont dirigés vers un objet fixe ; (Fig.62).

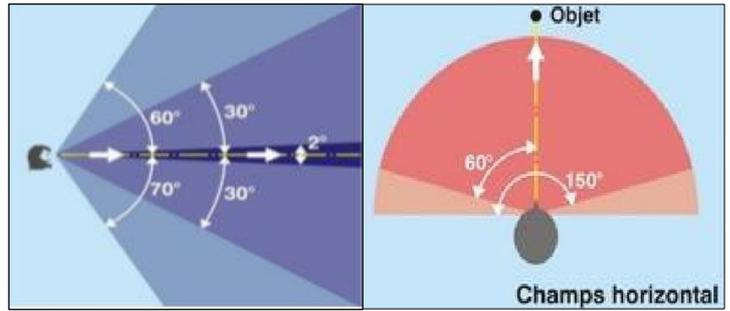


Figure 62 : Le champ visuel vertical et horizontal de l'œil humain ; **Source** : A.Liébard ;2006

I.1.2. La perception des couleurs :

La couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire, elle est caractérisée par un facteur de réflexion qui varie d'une couleur à l'autre. Les comportements humains sont en effet influencés par les réponses émotionnelles à l'environnement et la couleur est l'un des facteurs principaux de sa perception ; (Fig.63).

COULEUR		FACTEUR DE RÉFLEXION EN %						
PAPIER BLANC 84%	CRÈME CLAIR 73%	CRÈME FONCÉ 70%	JAUNE CITRON 70%	JAUNE D'OR 62%	CHAMOIS CLAIR 60%	CIMENT 55%	PIERRE (MOYENNE) 40%	BLEU CIEL 48%
GRIS TRIANON 45%	BEIGE 43%	ROSE SAUMON 42%	VERT D'EAU 38%	HAVANE 32%	BLEU TURQUOISE 27%	ROUGE CLAIR 21%	VERT PRAIRIE 19%	NOIR 0%

Figure 63 : facteur de réflexion des couleurs ; **Source** : BENHARKAT, 2006

I.1.3. La performance visuelle :

La performance visuelle dépend des caractéristiques propres de la tâche à accomplir, de l'acuité visuelle de l'observateur, de la nature de l'arrière-plan, des conditions d'éclairage,...etc.

D'une manière générale, la visibilité du détail dépend de sa dimension angulaire et de sa forme, sa luminance et sa couleur, son contraste par rapport au fond immédiat, sa position dans le panorama visuel, la luminance d'adaptation, l'âge de l'observateur, le temps d'observation, etc.

I.2. Lumière naturelle ou artificielle :

La lumière naturelle à laquelle l'œil est le plus adaptée est variable dans le temps et dans son intensité grâce à sa qualité «spectrale» ainsi que sa variabilité et ses nuances qui offrent une perception optimale des formes et des couleurs ;elle peut éclairer un espace de manière directe ou indirecte, latérale ou zénithale, être contrôlée ou filtrée et de réaliser une ambiance lumineuse agréable grâce à son caractère cyclique où les variations horaires et saisonnières de l'intensité et de la couleur de la lumière sont un élément dynamique stimulant. La luminosité et la vue donnent une impression d'espace, plus les espaces sont éclairés naturellement, plus ils permettent des usages multiples et assurent à nos yeux un certain degré de confort visuel.

En été cependant, et spécifiquement en région méditerranéenne où le confort d'été requiert un soin particulier, l'attention doit être portée aux éventuelles surchauffes résultant d'un éclairage artificiel inadapté. Contrairement aux idées reçues, la lumière du ciel (rayonnement diffus) apporte en effet moins de chaleur pour un même niveau d'éclairage que celle de l'éclairage électrique. La question qui se pose donc lors de choisir la configuration des pièces, l'emplacement et les dimensions des ouvertures de sorte que l'éclairage électrique payant ne soit utilisé qu'en appoint de l'éclairage naturel comme complément ou accessoire.

En ce qui nous concerne, il s'agira donc de prendre en compte tout ce qu'englobent des sources de lumière, des vues, des ombres...etc.

De façon générale, le confort visuel est non seulement une impression subjective liée à la satisfaction et l'état de bien-être visuel dans un environnement défini, mais aussi faisant appel à des paramètres quantifiables et mesurables dont :

- Des caractéristiques liées à un environnement externe et interne ;
- Des paramètres physiques liés à la quantité, à la qualité et à la distribution de la lumière.

Le schéma ci dessous (Fig.64) récapitule notre démarche de travail selon ces paramètres du macro au micro:

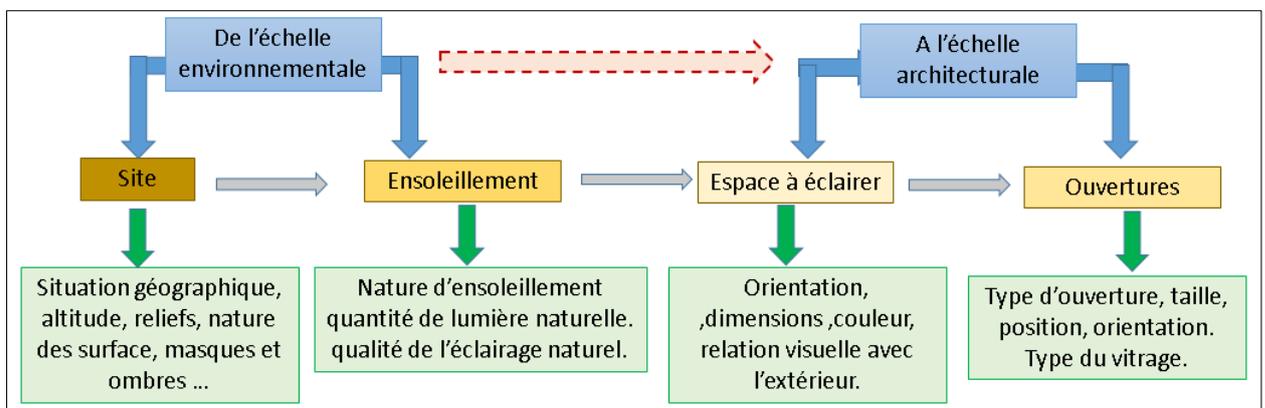


Figure 64 : Schéma de démarche ; **Source** : Auteurs.

Notre recherche sera effectuée sur l'analyse bioclimatique de l'environnement extérieur passant à l'analyse spécifique qui est notre thème de recherche.

I.3. Démarche d'une conception bioclimatique et architecture solaire passive :

I.3.1. Environnement extérieur :

Dans le problème de l'illumination solaire, Avant même les premières esquisses, une analyse environnementale du site d'implantation du projet est indispensable. On doit prendre en compte la latitude du site (fig.), le soleil à très grande distance de l'observateur, les masques topographiques,

le relief et la végétation, ou urbains à des distances moyennes et les objets proches qui peuvent faire de l'ombre à certaines heures. On cherchera à offrir peu de prise aux vents froids, à privilégier les orientations les plus ensoleillées, et à bien capter lumière et soleil.

I.3.1.a. Situation géographique :

- ❖ **Le diagramme solaire :** un outil facile et pratique pour repérer, depuis un point quelconque de la surface terrestre le trajet du soleil à travers le ciel afin de définir la durée d'exposition aux rayons solaires à différents moments du jour et de l'année et de déterminer les masques solaires d'un bâtiment, en le superposant à un plan pour déterminer quand une façade est cachée du soleil et projette donc une ombre dans son voisinage ; (fig. 65).

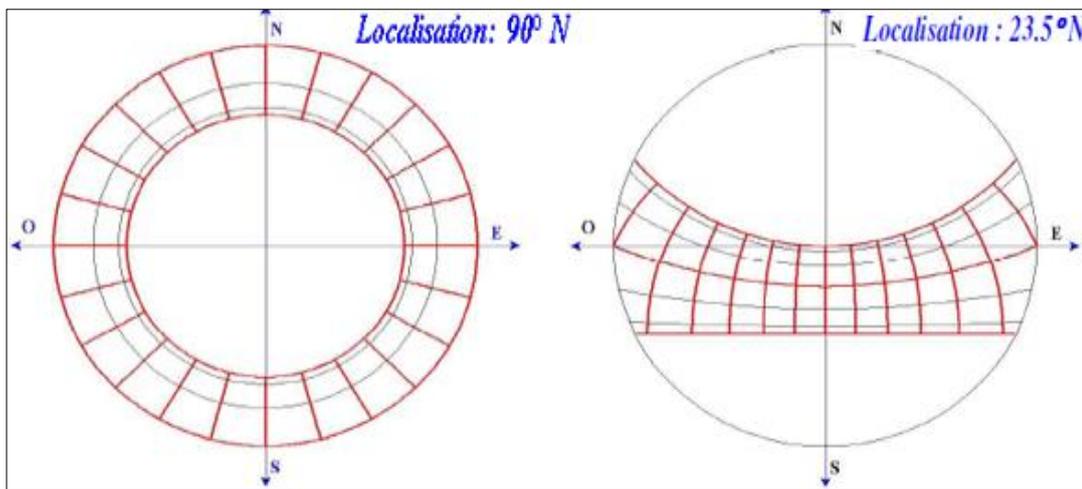


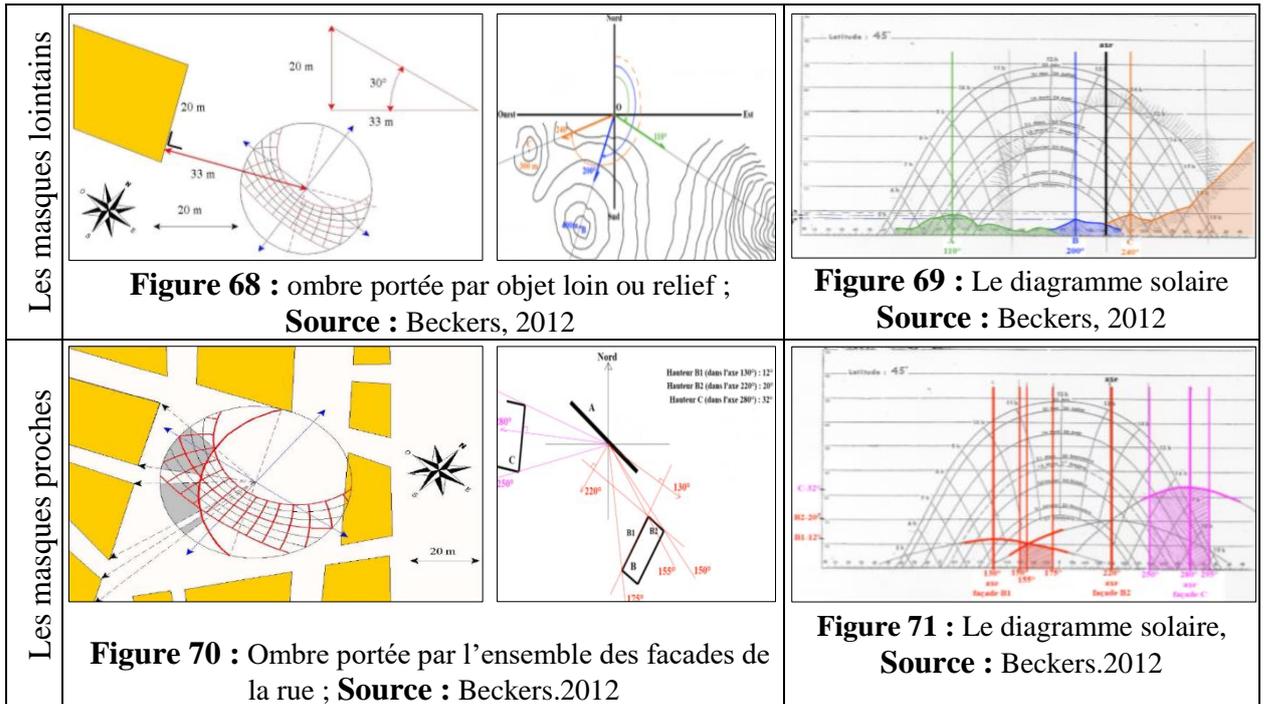
Figure 65 : Diagramme solaire au pôle Nord et au tropique du Cancer ; **Source :** Beckers, 2012

I.3.1.b. Les masques solaires :

A titre indicatif, un masque dont la hauteur angulaire au-dessus de l'horizon est de 30°, réduit 30% de la valeur moyenne de l'éclairement dans un local de bureau (h= 2.50m, L= 5.50m, l= 3.50m). Cette réduction atteint 50% si l'on considère la partie arrière du local (à 5 m des ouvertures) ; (Tab.15).

Tableau 15 : Le diagramme solaire et le calcul d'ombre ; **Source :** Auteurs.

Méthode de calcul		Résultats
Les auto-masques	<p>Figure 66 : Ombre portée par une paroi ou un auvent ; Source : Beckers, 2012</p>	<p>Figure 67 : la zone d'ombre portée Source : Beckers, 2012</p>



I.3.2. Les aspects de l'éclairage naturel :

En éclairage naturel on considère deux sources, le soleil (rayonnement direct) et le ciel (diffus) :

I.3.2.a. L'ensoleillement :

A travers son rayonnement direct, le soleil est responsable de la plupart des situations critiques observées sur le plan du confort visuel (éblouissement, éclairage excessif, etc.)

La dynamique de la lumière solaire a l'étude de :

- La pénétration dans un bâtiment ou un espace public,
- La durée d'exposition d'un local aux rayons solaires,
- La protection solaire éventuelle, etc.

I.3.2.b. L'éclairage diffus :

Désigne l'éclairage fourni par la voûte céleste, sans rayons solaires directs, sa quantité est directement liée à :

- Conditions spatiotemporelles (latitude, jour, heure).
- Conditions météorologiques (conditions de ciel).

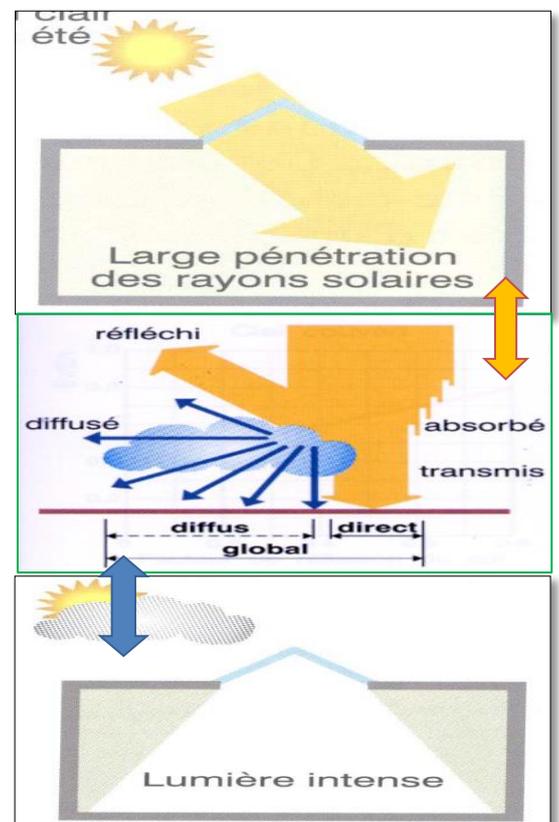


Figure 72 : Décomposition du rayonnement **Source** : Herde ,2006

- Dimensions, orientation et position des ouvertures
- De la nature des matériaux de vitrage,
- De la présence de masques à l'extérieur,
- Des facteurs de réflexion des parois intérieures.

Les nuages réduisent de façon significative l'éclairage ; conventionnellement, la Commission Internationale de l'Éclairage propose les conditions du ciel couvert, le cas le plus défavorable et c'est le seul cas d'étude, de prendre comme base de calcul un ciel couvert donnant un niveau d'éclairage de 5000 lx sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé.

Selon l'IES, le ciel est défini principalement en trois types :

1. Clair : Plus de 70% du ciel est dégagé.
2. Partiellement nuageux : Le ciel est dégagé entre 20% et 70%.
3. Nuageux : Le ciel est dégagé à moins de 20%.

Il faut tenir compte que le climat méditerranéen (cas de l'Algérie) a des conditions de soleil direct beaucoup plus fréquentes (70% du temps) que les climats plus nordiques (30% du temps) chose que l'on oublie assez souvent quand on étudie l'éclairage naturel des bâtiments.

I.3.3. Environnement intérieur :

I.3.3.a. Orientation des locaux :

Réfléchir, lors de l'esquisse, à l'organisation du plan de façon à profiter au mieux du potentiel lumineux. Par exemple, placer les locaux les plus utilisés en journée dans les parties les plus ensoleillées du bâtiment.

En cumul annuel, la partie Nord de la voûte céleste est la moins lumineuse ; les locaux dont les ouvertures donnent sur le nord seront nettement défavorisés.

I.3.3.b. Formes et dimensions des bâtiments et locaux :

Le premier paramètre à prendre en compte est la forme globale du bâtiment et la géométrie des locaux. Par exemple, la profondeur de 18 m d'un bâtiment peut générer jusqu'à 1/3 de locaux aveugles dans la partie centrale. À l'inverse, un bâtiment d'une profondeur de 14 m et d'une hauteur sous linteau de 2,5 m permettra d'offrir un éclairage naturel à la majorité des locaux.

Cependant, plus un local est profond et étroit, plus il sera difficile d'y obtenir une bonne répartition et pénétration de la lumière naturelle en fond de pièce.

Sur une même façade et à profondeur égale, l'éclairage naturel dans un bureau étroit sera toujours moindre que dans un bureau plus large ; (Fig.).

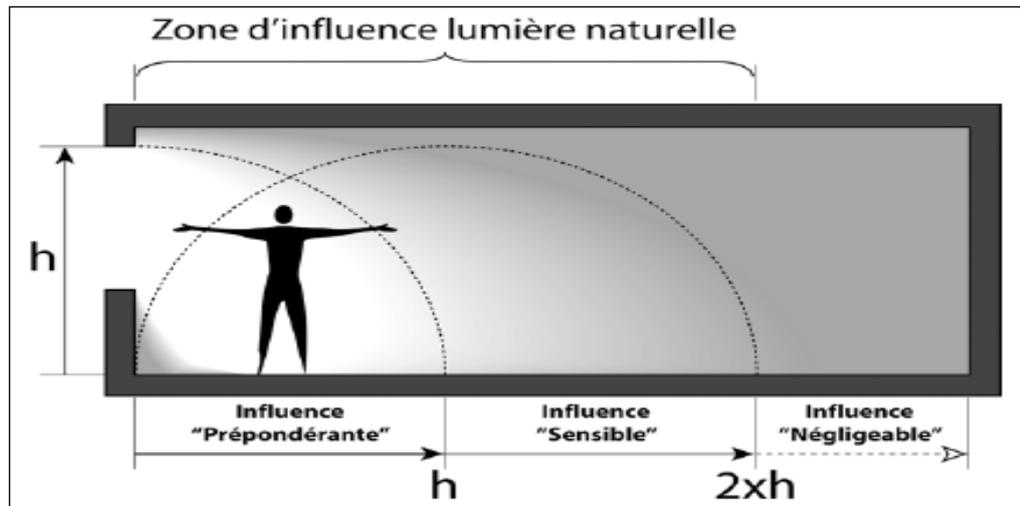


Figure 73 : La zone d'influence d'une ouverture ; **Source :** B.Paule, 2007

II. PRESENTATION DU CONCEPT :

II.1. Les caractéristiques physiques de la lumière naturelle :

II.1.1. Définition et ordre de grandeurs physiques :

Dès que l'espace reçoit une quantité de lumière, l'opération sera définie selon des grandeurs principales, sont les suivantes :

- 1- Flux lumineux (lm) : La quantité de lumière rayonnée dans tout l'espace par cette source. Il caractérise la puissance lumineuse de la source rapportée à la sensibilité de l'œil.
- 2- Intensité lumineuse (cd) : Elle caractérise l'importance du flux lumineux émis dans une direction donnée, 1 candela correspond à l'intensité lumineuse produite par une bougie.

Et les grandeurs qui quantifient le rayonnement lumineux ressenti par l'œil

Tableau 16 : Les principales grandeurs physiques ; **Source :** Auteurs.

Grandeur et sens physique	Valeurs	
3- Éclairement (lux) C'est la quantité de lumière qui frappe une surface. Il caractérise la puissance lumineuse qui atteint une surface (s) donnée. $E = \Phi/S$. 1 lux = 1 lm/m ² .	plein soleil, à midi au sol	100 000 lx
	temps nuageux au sol	2 000 à 10 000 lx
	pleine lune au sol	0,25 lx
	bureau	400 à 600 lx
	habitation	150 à 300 lx
	rue éclairée au sol	20 à 50 lx
4- Luminance (cd/ m ²) Est le flux lumineux émis ou réfléchi par unité de surface dans une direction donnée. $L = I/S$ apparente La luminance s'exprime en cd/m ²	lampe fluorescente (65 W)	10 000 cd/m ²
	surface des fenêtres	1 000 à 4 000 cd/m ²
	papier blanc sur une table (sous 300 lux)	70 à 80 cd/m ²
	surface de la table (sous 300 lux)	40 à 60 cd/m ²
	cadre de l'écran (brillant)	70 cd/m ²
	cadre de l'écran (noir, mat)	4 cd/m ²
	fond d'écran sombre	5 à 15 cd/m ²

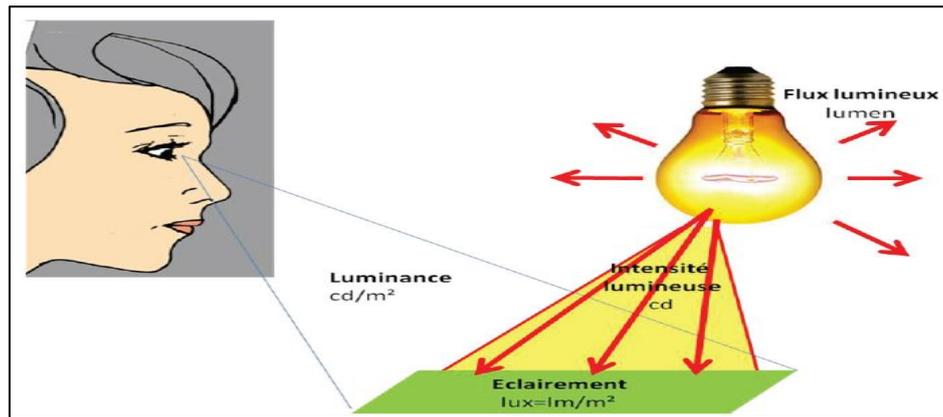


Figure 74 : Les quatre grandeurs photométriques de base ; **Source :** Fernandez, 2006

II.1.2. Les facteurs qui influencent l'efficacité et le confort visuel :

Un environnement visuel confortable sera obtenu par la détermination des paramètres suivants :

- Un bon niveau d'éclairement de la zone de travail et des zones de déplacement ou de mouvement.
- Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace, éclairer au maximum la zone centrale du champ visuel et de la décroître progressivement vers la périphérie.
- L'absence d'éblouissement : lorsque la luminance d'une partie du champ visuel est plus élevée que la luminance moyenne à laquelle le système visuel est adapté, l'excès de lumière peut provoquer un éblouissement.
- Un rendu des couleurs correct : lorsque la luminance est très faible, la vision des couleurs diminue et toutes les couleurs sont perçues comme des nuances de gris.
- La relation au monde extérieur et l'absence d'ombres gênantes, comme la quantité de lumière naturelle peut varier de façon importante, on introduit un rapport de proportionnalité entre l'éclairement extérieur et celui disponible à l'intérieur du local.

III-PRESENTATION DU PROCEDE :

Après la phase d'organisation des espaces, on aborde l'un des aspects les plus importants pour le comportement visuel du bâtiment: le choix des composants de son enveloppe.

Des dispositifs solaires passifs permettront à l'architecte une utilisation accrue du rayonnement solaire pour le chauffage ou l'éclairage ; prenons la fenêtre, dispositif solaire passif le plus courant; elle doit répondre à de multiples fonctions (vue, ventilation, transmission du rayonnement pour l'éclairage et le chauffage). Avec ces composants (cadre, vitrage, store, rideau, etc.) contrôlent ces diverses fonctions. D'où l'importance d'apporter de l'attention au choix et au dimensionnement de ces éléments pour parvenir à une utilisation optimale du rayonnement solaire

de cette fenêtre. En améliorant ainsi le bilan énergétique, le contrôle de la ventilation et de l'éclairage, sans coût supplémentaire pour la construction.

III.1. Stratégie de l'éclairage naturel par les ouvertures:

La plus grande difficulté sera de s'assurer que le projet offre, pour une surface éclairante donnée, un niveau d'éclairement naturel suffisant pour une période maximale au cours de l'année, Sauf application particulière, et à limiter l'éblouissement et les contrastes trop importants ; (Fig.75).

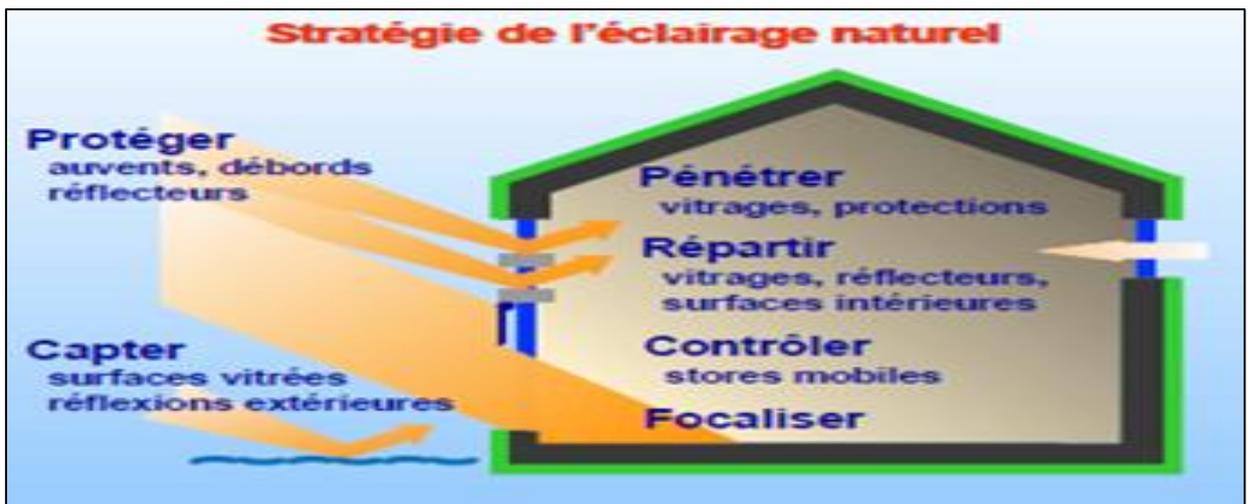


Figure 75 : La stratégie de l'éclairage naturel à travers l'ouverture ; **Source :** Liébard, 2006

a) L'éclairement : qui caractérise la quantité de lumière reçue par une surface ; (Fig.) et (Fig.).

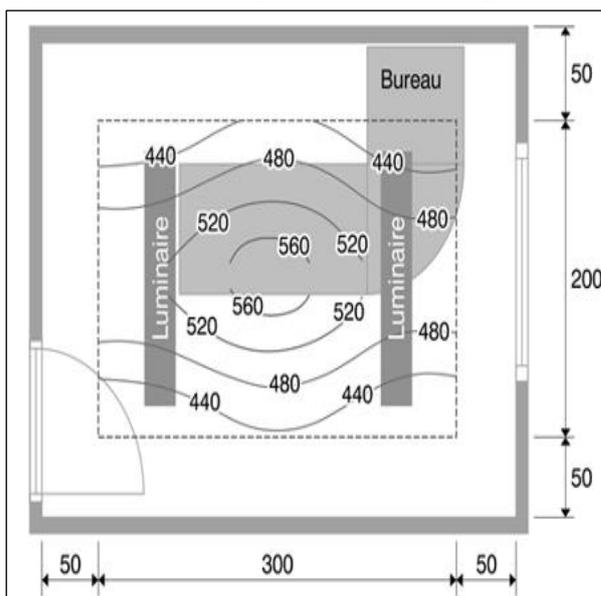


Figure 76 : La projection des courbes isolux ; **Source :** Energie plus

Type de travail	Décret
Bureau / poste de travail	200 lux
Autres locaux de travail	120 lux
Les voies de circulation intérieure	40 Lux
Les escaliers et entrepôts	60 Lux
Les locaux de travail, vestiaires et sanitaires	120 Lux
Les locaux aveugles affectés à un travail permanent	200 Lux
Les zones et voies de circulation extérieure	10 Lux
Les espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent	40 Lux

Figure 77 : Les valeurs d'éclairement E recommandées ; **Source :** l'ICBE, 2014

b) Le facteur de lumière du jour : est l'indicateur le plus répandu d'appréciation de la qualité de l'éclairage naturel d'un local dédié spécifiquement à la lumière naturelle, c'est le rapport entre l'éclairement reçu en un point de référence à l'intérieur du local et un point à l'extérieur en un site dégagé sous le ciel couvert ; (Fig.78).

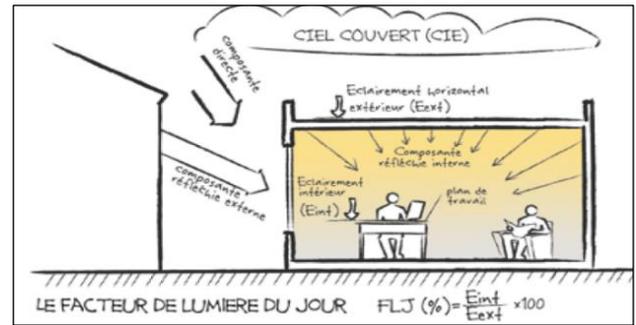


Figure 78 : Calcul de FLJ ; **Source :** ICBE, 2014

Tableau 17 : Valeurs de FLJ à atteindre selon la zone d'activité. **Source :** Sutter, Michelson, et al. 2014

Facteur de lumière du jour	Moins de 1%	de 1% à 2%	de 2% à 4%	de 4% à 7%	de 7% à 12%	Plus de 12%
	Très faible	Faible	Modéré	Moyen	Elevé	Très élevé
Zone considérée	Zone éloignée des fenêtres (distance supérieure à 3 fois la hauteur de la fenêtre)			Zone à proximité des fenêtres ou sus des lanternaux		
Impression de clarté	Sombre à peu éclairé		Peu éclairé à clair		Clair à très clair	
Remarques	Convient aux zones de circulation, stockage etc.		Convient aux locaux de travail		Attention aux éblouissements	
Impression visuelle	Cette zone semble séparée de cette zone					
Ambiance	Le local semble refermé sur lui même			Le local s'ouvre vers l'extérieur		

Le référentiel de certification NF-Démarche HQE® indique que pour obtenir de bonnes conditions de confort visuel, il faut assurer un éclairage naturel optimal passe par la garantie de vues vers l'extérieur, des exigences de FLJ pour les zones de premier et second rang et la mise à disposition de protections solaires. La zone de premier rang est définie comme l'espace entre le nu intérieur de la façade et une profondeur de 2 x (hauteur sous plafond – hauteur du plan utile). Dans cette zone, les niveaux suivants doivent être atteints ; (Tab.18).

Tableau 18 : Exigences de normes FLJ selon NF Bâtiments Tertiaires ; la Démarche HQE® ; **Source :** l'ICEB, 2014

Niveau base	FLJ ≥ 1,2 % sur 80% de la surface de la zone du 1 ^{er} rang dans 80% des locaux (en surface)
Niveau performant	FLJ ≥ 2 % sur 80% de la surface de la zone du 1 ^{er} rang dans 80% des locaux (en surface)
	FLJ ≥ 1.5% sur 80% de la surface de la zone du 1 ^{er} rang dans 20% restant (en surface)
Niveau très performant	FLJ ≥ 2 % sur 80% de la surface de la zone du 1 ^{er} rang dans 80% des locaux (en surface)
	FLJ ≥ 1.5% sur 80% de la surface de la zone du 1 ^{er} rang dans 20% restant (en surface) FLJ ≥ 0.7% sur 90% de la surface de la zone du 2 ^{er} rang dans tous les locaux.

III.2. Les paramètres de captage et de distribution de la lumière naturelle:

III.2.1. Orientation des ouvertures :

Les variations saisonnières sont très marquées sur les différentes façades. La lumière naturelle n'est ni fixe ni égale dans sa qualité et son intensité ; (Fig.79) et (Tab.19).

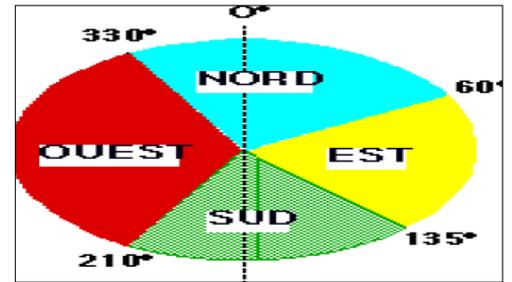


Figure 79 : orientation des ouvertures ;
Source : Energie plus

Tableau 19 : L'orientation des ouvertures , **Source** : Auteurs.

Orientation	Caractéristiques
Nord	bénéficie toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus. En été, elle peut devenir une source d'éblouissement, difficile à contrôler car le soleil est bas.
Est	profite du soleil le matin mais difficile à maîtriser. L'exposition solaire y est faible en hiver mais elle permet d'apporter des gains solaires. Par contre, en été, l'orientation présente une exposition solaire supérieure à l'orientation sud, ce qui est peu intéressant.
Ouest	assure une insolation directe en soirée, un éclairage doux et chaleureux. Toutefois, il y a un risque réel d'éblouissement et les gains solaires ont tendance à induire des surchauffes.
Sud	entraîne un éclairage important, lumière plus facile à contrôler et un ensoleillement maximal en hiver car le soleil bas pénètre profondément tandis qu'en été est le contraire. les apports solaires sont également nettement inférieurs au sud qu'à l'est ou à l'ouest.

III.2.2. Inclinaison des ouvertures :

Pour capter le maximum de rayonnement solaire direct, l'ouverture doit être le plus perpendiculairement possible aux rayons du soleil.

Une ouverture zénithale horizontale couvre une partie du ciel plus importante et apporte une partie plus grande de lumière diffuse ;(fig.80).

Une fenêtre oblique Inclignée avec vitrages vers le Nord ou vers le Sud offre un flux diffus plus important que la fenêtré verticale, sachant que pour une orientation Sud, l'inclinaison doit être supérieure à la latitude du site + 23,5° ; (Fig.81).



Figure 80 : Eclairage zénithal horizontal ;
Source : Energie plus

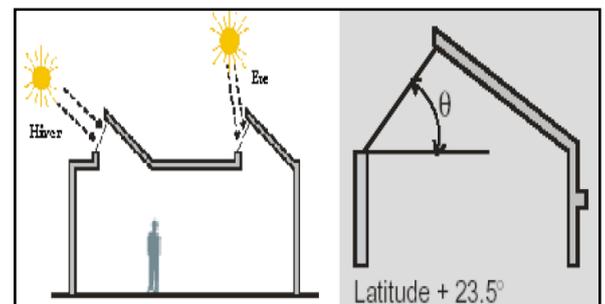


Figure 81 : Inclinaison recommandée pour un type d'ouverture ; **Source** : Energie plus

III.2.3. Dimensions des ouvertures :

Chaque pièce doit donc disposer de fenêtres d'une surface équivalant à au moins 1/5 de sa surface au sol (min 1/12 pour logement). On prévoit de grandes vitres au côté sud.

Les surfaces vitrées sont à limiter au nord, à l'est et à l'ouest, (max. 20% de la surface au sol du local) D'un point de vue énergétique, il n'y a pas d'intérêt à augmenter la surface vitrée de ces fenêtres.

Les indicateurs :

Des indicateurs permettent de contrôler la quantité de lumière naturelle et d'éviter les phénomènes tels que l'éblouissement ;(Tab.20).

- L'indice de vitrage corrigé : I_c est le rapport entre la surface du vitrage sur la surface du sol corrigé par le facteur de transmission du vitrage τ . $I_c = (S_{\text{vitrage}} / S_{\text{sol}}) \times \tau$
- L'indice de profondeur : I_p est le ratio entre la profondeur du local à éclairage unilatéral et la hauteur sous linteau au-dessus de la surface utile. Si le local a une double orientation et si les ouvertures sont dans des parois parallèles, alors I_p est à considérer jusqu'à la moitié de la profondeur du local.

Tableau 20 : Pourcentage de l'indice du vitrage corrigé I_c ; **Source :** PAULE, 2007

Indice du vitrage %	Résultat
<p>$I_c = 10\%$</p>	N'est pas suffisant pour procurer un éclairage satisfaisant à l'ensemble du local
<p>$I_c = 20\%$</p>	Une couverture satisfaisante des besoins en lumière naturelle, avec un environnement extérieur et orientation favorables.
<p>$I_c = 50\%$</p>	Un risque de surchauffe accrue en été. L'orientation est défavorable, cette valeur est souvent indispensable
<p>$I_c = 100\%$</p>	Se traduit par des échanges thermiques très importants (hiver & été).
	Correspond à des espaces extrêmement exposés du point de vue éclairage et thermique.

Tableau 21 : La corrélation entre I_c , I_p et le FLJ selon la RT2000 ; **Source :** L'ICEB,2014

Classification	Valeur de $(I_c - 5I_p)$	Description	Valeur de FLJ mini %
I	> 5	Local très clair Éclairage naturel très abondant	> 2
II	Entre 0 et 5	Local clair Éclairage naturel abondant	Entre 1,5 et 2
III	Entre -5 et 0	Local peu clair à sombre Éclairage naturel faible	Entre 1 et 1,5
IV	< -5	Local très sombre Éclairage naturel insuffisant	< 1

III.2.3. Types et caractéristiques des ouvertures :

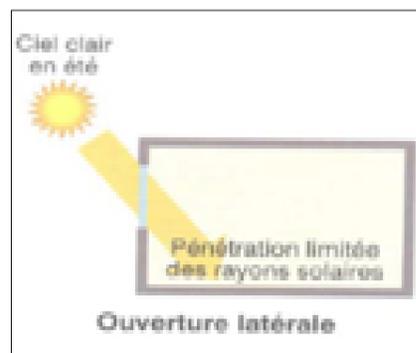
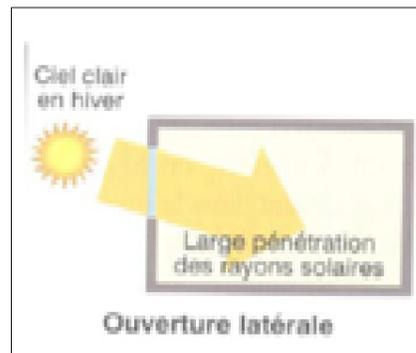


Figure 82 : Le comportement d'ouverture latérale sous différents types du ciel

Source : BALEZ, 2007

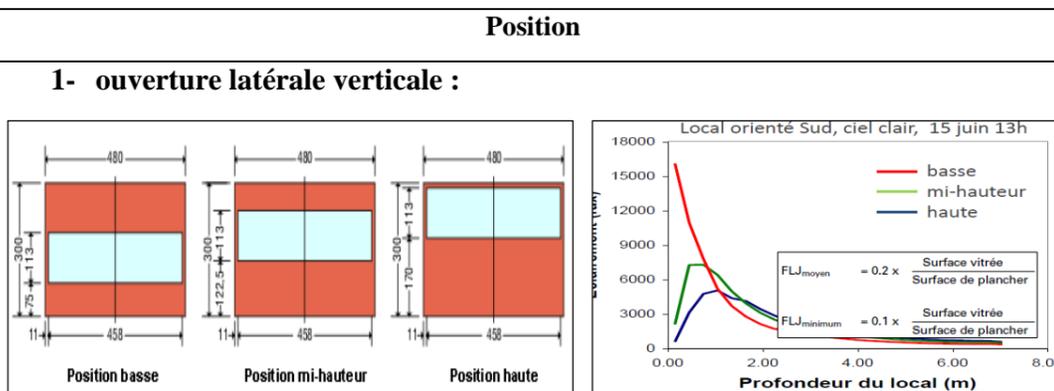


Figure 83 : Position des ouvertures sur la paroi et la comparaison de résultat de FLJ
Source : Energie plus, 2018

2- Etagère de lumière :
La mise en œuvre d'un bandeau-lumineux (ou lightshelf) permet de réduire les niveaux d'éclairage près de la fenêtre, tout en maintenant la quantité de lumière disponible en fond de pièce

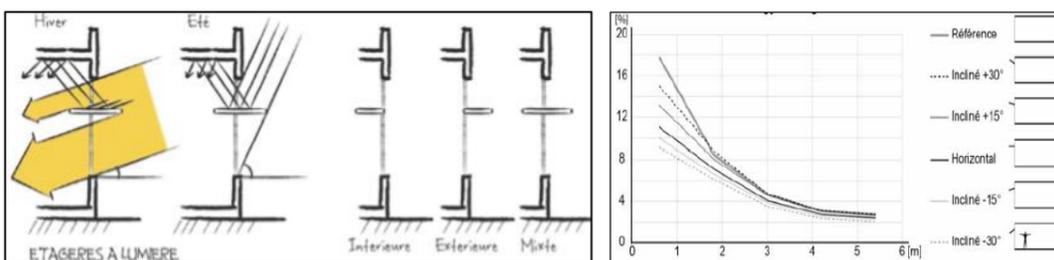


Figure 84 : Position des ouvertures sur la paroi
Source : l'ICEB, 2014

3- Système anidolique :
Il est possible de construire des systèmes de concentration qui se comportent comme des « spots » de lumière naturelle, en allant chercher la lumière zénithale.

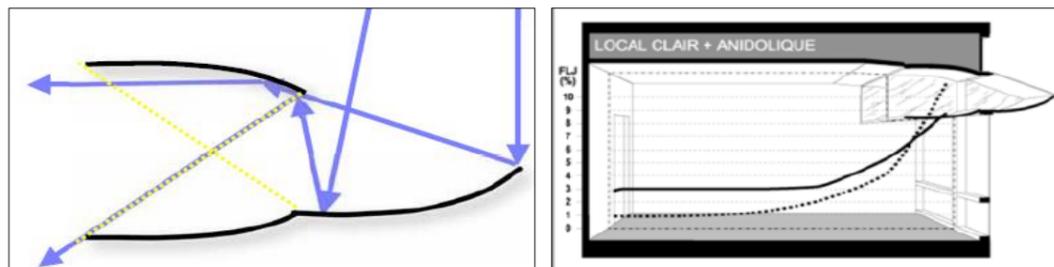


Figure 85: Comportement des système anidolique et le FLJ obtenu.
Source :B . Paule, 2007

Dimensions et rapport

Tableau 22 : Avantages, inconvénients et mise en œuvre des systèmes d'éclairage evertivale :Source : Auteurs

Principe	Montage direct sur la facade ,avec ou sans miniserie ,types du vitrage variés.
Avantage	Le plus utilisé car facile à mettre en œuvre et permet une vue sur l'extérieur. Dimensions variables, méthode de montage très développées. Si la baie est bien orientée, elle présente beaucoup d'avantages thermiques.
Inconvéniant	C' est le système le moins performant en termes d'éclairage par la lumière du jour.
Mise en oeuvre	Que la fenêtre soit en creux, au nu ou en avancée ne change rien aux performances lumineuses globales de la pièce. La position des ouvertures en haut sur la façade permette à la lumière d' entrer plus en profondeur dans un local. En revanche, les ouvertures situées en dessous de la hauteur du plan utile auront peu d'impact sur la quantité de lumière qu' il recevra.

Tableau 23 : Avantages, inconvénients et mise en œuvre des systèmes d'étagères de lumière :
Source : Auteurs

Principe	Dispositif permettant de rediriger la lumière naturelle au fond de la pièce à l'aide d'un plan réfléchissant positionné sur une baie (1/3 de la hauteur de la fenêtre sous le linteau) et perpendiculairement ou généralement incliné à celle-ci.
Avantage	Diminue le niveau d' eclairement élevés à proximité de la fenêtre et améliore donc l'uniformité.Peut servir de brise soleil en été, et des apports solaire en hivers sur une facade sud
Inconvéniant	Si les étagères à lumière sont couplées à un brise-soleil, ces performances peuvent chuter rapidement si un nettoyage régulier n'est pas effectué
Mise en oeuvre	Préférer de la mise en place de ce système sur la facade sud.

Tableau 24 : Avantages, inconvénients et mise en œuvre des systèmes anidoliques :
Source : Auteurs

Principe	Les systèmes anidoliques utilisent des réflecteurs spéculaires courbes, conçus pour profiter de la lumière diffuse du ciel.
Avantage	Ce système permet d'augmenter le niveau d'éclairage dû à la lumière naturelle dans les espaces profonds, ce qui peut devenir considérable par ciel couvert, tout en occupant l'espace réduit d'un faux plafond.
Inconvenant	Le problème des conduits lumineux traditionnels qui nécessite l'ajout d'un volume supplémentaire aux volumes habitables du bâtiment pour récolter la lumière du ciel réside dans leur section importante L'adjonction d'un système anidolique permet de diminuer fortement la section du conduit lumineux par concentration de la lumière.
Mise en oeuvre	Les éléments anidoliques sont placés aux deux extrémités du conduit lumineux : à l'extérieur pour collecter la lumière du ciel et à l'intérieur pour contrôler la direction de la lumière émise dans le local. L'éblouissement potentiel provenant du rayonnement solaire direct doit être contrôlé par une protection solaire mobile à l'entrée du système anidolique.

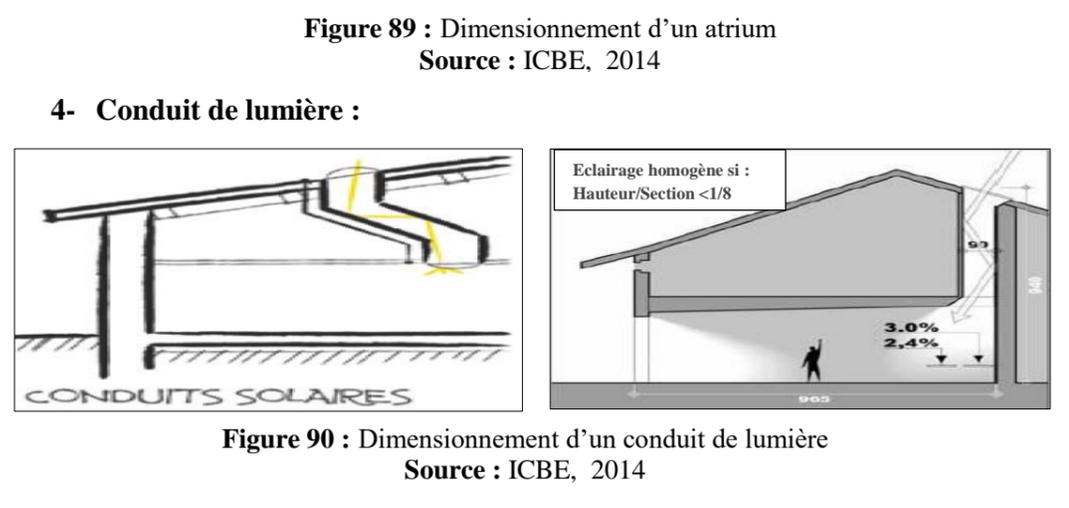
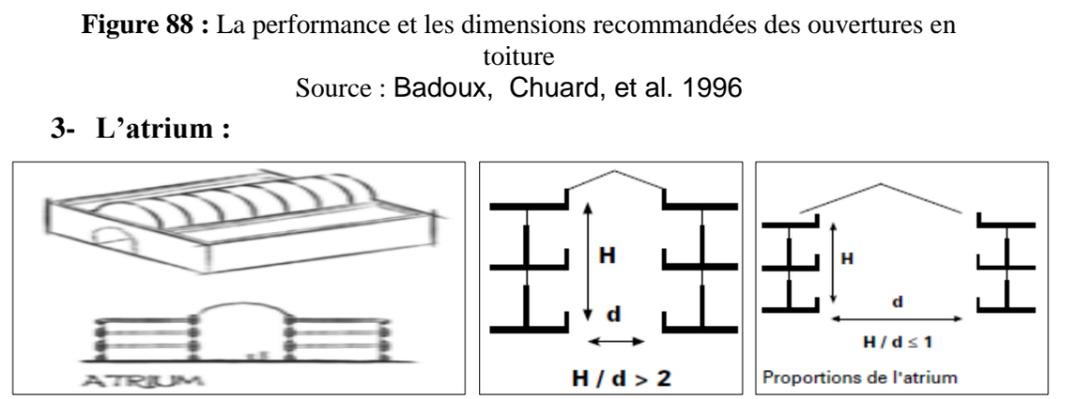
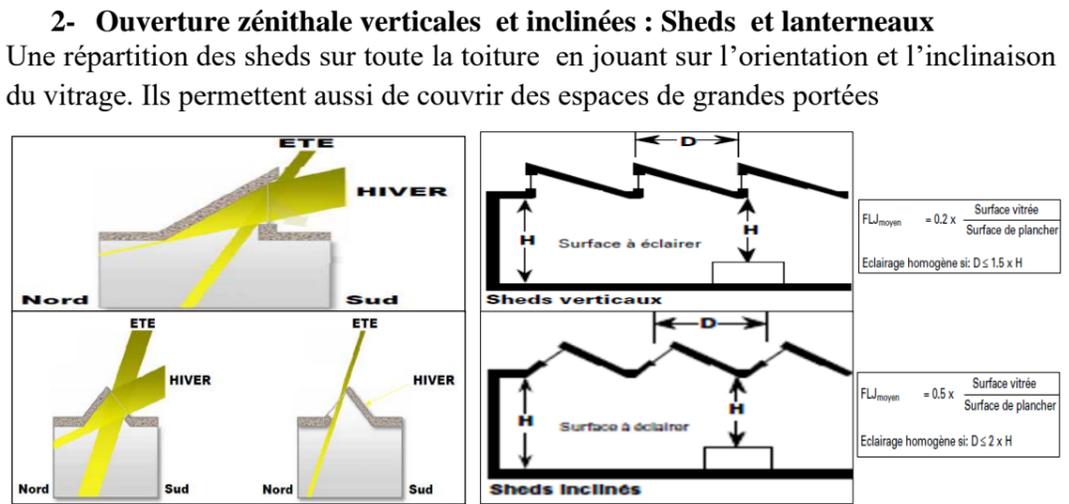
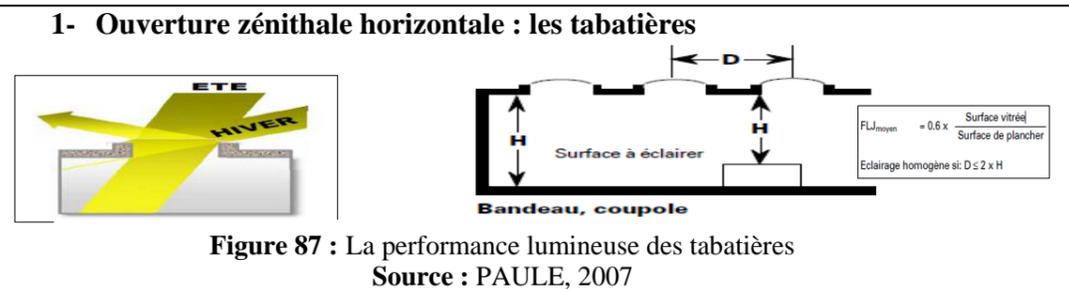
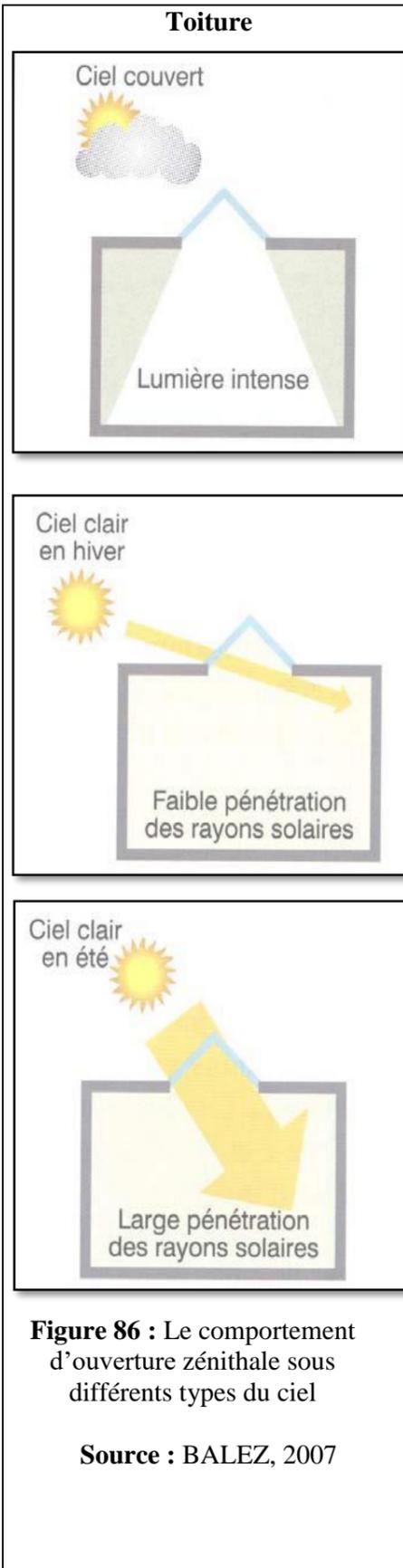


Tableau 25: Avantages, inconvénients et mise en œuvre des tabatières

Source : Auteurs

Principe	Placée au toiture, exposée à une plus grande portion du ciel visible à partir de l'intérieur du local
Avantage	Procure de 3 à 5 fois plus de lumière à surface équivalente qu'un vitrage vertical car, disposée horizontalement, elle, sans aucune obstruction et dont la luminance est plus élevée. Elle procure de la même manière, un éclairage intérieur uniforme.
Inconvénient	Si la tabatière est mal conçue, elle va créer plus de surchauffe l'été, car une paroi horizontale reçoit en cette saison, en raison des altitudes solaires importantes, près de deux fois plus de chaleur qu'une façade verticale orientée Sud.
Mise en œuvre	En fonction de son montage elle peut s'ouvrir soit à droite soit à gauche. La protection spéciale assure la stabilité de la fenêtre ouverte et ne permet pas la fermeture accidentelle de l'ouvrant. Accompagnement d'un système de contrôle solaire performant, l'emploi de vitrage diffusant.

Tableau 26 : Avantages, inconvénients et mise en œuvre des sheds et lanternneaux

Source : ICBE, 2014

Principe	Apport de lumière naturelle zénithale par une ouverture donnant sur l'extérieur.
Avantage	À surface égale, les prises de jour horizontales permettent d'offrir deux fois plus de lumière qu'une fenêtre verticale. Bon moyen d'améliorer l'uniformité en fond de pièce ou d'apporter de la lumière naturelle dans les circulations du dernier niveau d'un bâtiment.
Inconvénient	N'offrent pas de vue sur l'extérieur. Des déperditions et surchauffes peuvent être générées. Il conviendra de choisir un facteur solaire adapté, notamment par une protection solaire extérieure. Possibilité d'éblouissement par le soleil direct au travers des lanternneaux si le vitrage n'est pas diffusant.
Mise en œuvre	Pour les sheds, veiller à orienter l'ouverture au nord pour ne pas laisser pénétrer le rayonnement solaire direct. Choisir un coefficient de réflexion lumineuse le plus élevé possible pour les costières des lanternneaux.

Tableau 27 : Avantages, inconvénients et mise en œuvre des atriums.

Source : ICBE, 2014

Principe	Apport de la lumière naturelle par un volume extrudé plus au moins grand au cœur d'un bâtiment.
Avantage	La création d'un atrium /patio peut être une solution adaptée dans le cas d'une construction à la géométrie compacte
Inconvénient	N'offre pas ou peu de vue sur l'extérieur, l'apport de lumière chute rapidement d'un étage à l'étage
Mise en œuvre	Préférer pour des bâtiments peu élevés à ce que la largeur du patio/atrium soit supérieur à la hauteur du bâtiment, avec un coefficient de réflexion lumineuse élevé pour les parois et le sol.

Tableau 28 : Avantages, inconvénients et mise en œuvre des conduits de lumière

Source : ICBE, 2014

Principe	Tube en matériau ultra réfléchissant qui collecte la lumière en toiture et la conduit dans le bâtiment.
Avantage	Permet d'apporter de la lumière naturelle dans les locaux défavorisés ou en fond de pièce, et à travers plusieurs étages.
Inconvénient	Le rendement peut chuter rapidement si le tube est long ; des déperditions thermiques et problèmes d'étanchéité à l'air peuvent apparaître si la mise en œuvre n'est pas soignée.
Mise en œuvre	Maximiser le coefficient de réflexion lumineuse des parois du tube (supérieur à 0.95), il est conseillé de choisir un ratio longueur/diamètre inférieur à 10 pour un rendement efficace (>50%).

Le second jour :

Apport de lumière naturelle par une ouverture donnant sur un espace bénéficiant de lumière du jour directement depuis l'extérieur ; (Fig.).

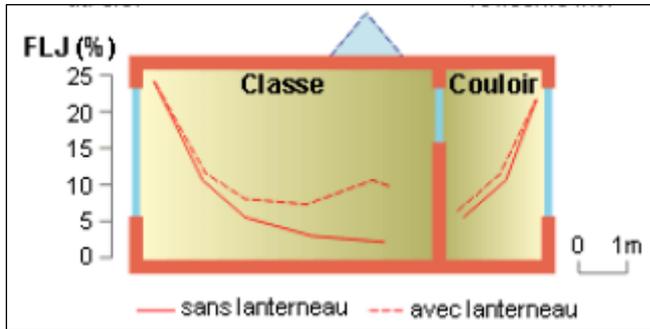


Figure 91 : Variation de FLJ d'un local accolé d'un couloir avec une ouverture et un lanterneau ;

Source : E.Moldvar .

Comparaison de différents dispositifs :

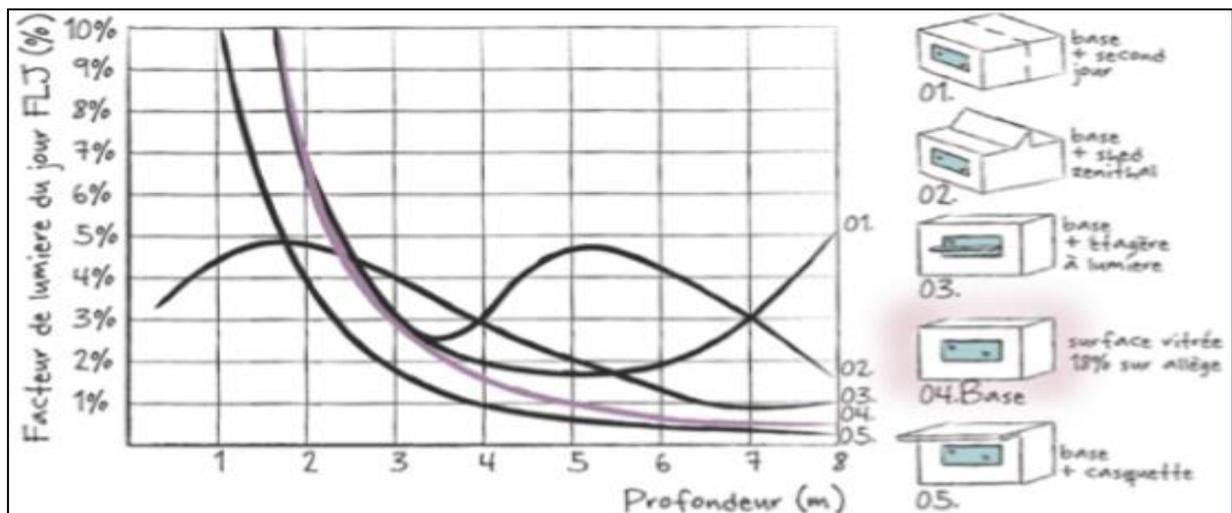


Figure 92: Etude comparée de l'évolution du FLJ en fonction de la répartition des vitrages et la présence de masque proches, **Source :** l'ICEB,2014

Chacun des dispositifs détaillés ci-dessus permet de répondre à des besoins précis. Voyons à présent comment les performances d'une sélection de ces systèmes évoluent comparativement à l'intérieur d'un local.

- Le cas de base (cas 4) : est celui d'une salle de classe de 8 m de profondeur, sans masque extérieur, dont la proportion de vitrage placée au-dessus de l'allège correspond à 16 % de la surface de la façade.

- Cas 1 : un second jour sur le mur opposé qui donne sur une circulation éclairée en zénithal, on constate que les niveaux de FLJ augmentent considérablement en fond de pièce. Ce dispositif permet d'améliorer l'uniformité ainsi que le niveau moyen.
 - Cas 2 : on constate que les niveaux de FLJ augmentent considérablement dans la seconde partie du local. L'uniformité et le niveau moyen de FLJ sont améliorés. L'impression de clarté et d'uniformité sera par ailleurs considérablement améliorée avec ce type de dispositif.
 - Cas 3 : les niveaux à proximité de la fenêtre sont diminués et ceux en fond de pièce sont augmentés permettant ainsi d'offrir au local une meilleure uniformité.
- Cas 5 : les niveaux de FLJ diminuent à proximité de la façade et l'impact en fond de pièce est négligeable par rapport au cas de base, c'est surtout le FLJ moyen qui est déprécié.

III .3. Les caractéristiques du matériau de transmission :

III.3.1. Type du vitrage :

Le matériau de transmission peut être transparent ou translucide c'est pour cela il faut prendre comme référence le coefficient de transmission lumineuse (TL) qui est le rapport du flux lumineux transmis au flux incident. Il définit la part de lumière que traverse un matériau.

- Le vitrage clair : La transmission lumineuse varie en fonction du matériau utilisé et de son traitement : verre feuilleté, verre coloré, couche réfléchissante). L'emploi de verres transparents peut s'avérer gênant pour les halles industrielles (éblouissement direct ou par réflexion) ;(fig.93).

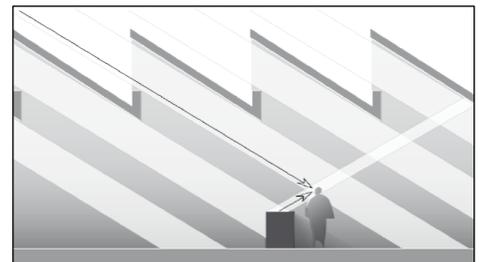


Figure93 : Eclairage optimisé par vitrage transparent ;

Source : l'ICEB ,2014

- Le vitrage diffusant : permet de diffuser le rayonnement direct. Le fait de masquer la vision du ciel n'entraîne pas une réelle perte d'information.

L'utilisation d'un vitrage diffusant peut être plus adaptée qu'un vitrage clair. Même si la transmission lumineuse d'un vitrage diffusant est inférieure à celle d'un vitrage clair d'environ 40 %, il améliorera l'uniformité en éclairage naturel du local et les niveaux en fond de pièce ; (Fig.94).

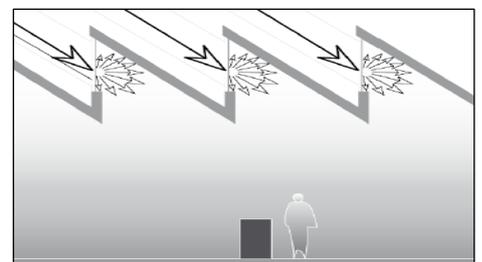


Figure 94 : Eclairage optimisé par vitrage opalcent ;

Source : l'ICEB ,2014

Tableau 28 : Transmission lumineuse optimisée de divers types de vitrage ; **Source** : l'ICEB, 2014 .

Matériau	Tl %
Simple vitrage clair	90
Double vitrage clair	81
Double vitrage clair	78
Triple vitrage clair	74
Polycarbonate opalin	50

III.3.2. La menuiserie :

Les menuiseries représentent un obstacle au passage de la lumière naturelle. Les baies de grande dimension auront une proportion de cadre moins importante, ce qui limite les déperditions thermiques et augmente l'apport de la lumière naturelle ; (Fig.95) et (Fig.96).



Figure 95 : Résultat d'éclairément obtenu sous un indice d'ouverture variable ; **Source** : B. Paule, 2007.

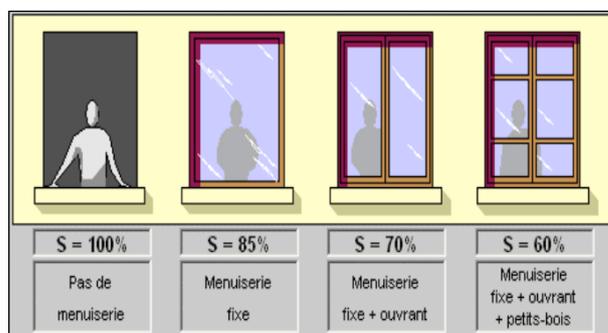


Figure 96 : Influence de la menuiserie sur la surface d'ouvertures ; **Source** : B. Paule, 2007

Les brises soleils :

Des éléments architecturaux liés au bâtiment lui-même tels que des murs de refends, des surplombs, des light-selves, peuvent provoquer un ombrage qui dépend de leur taille, de leur réflectivité et de leur orientation, on les appelle les masques proches ;(Fig.97).



Figure 97 : Types de brises solaires architecturales ; **Source** : Yannick ; Sutter, et al. 2014

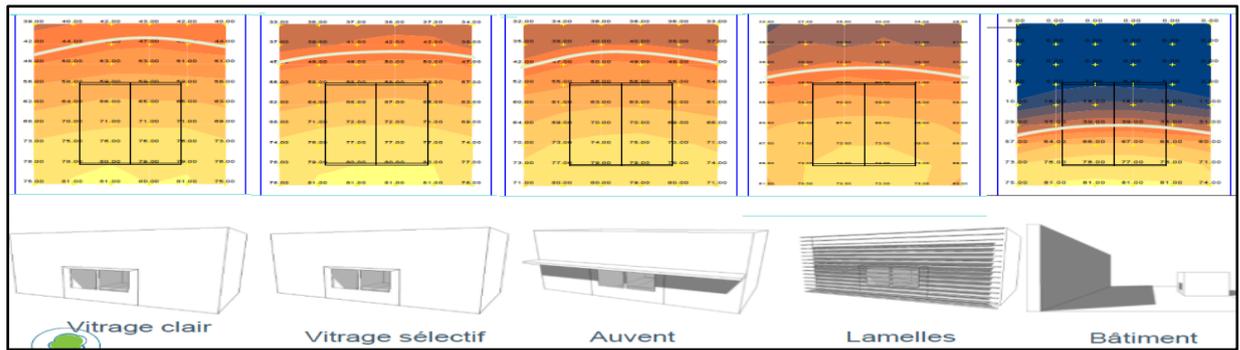


Figure 98 : Comparaison de FLJ sous présence des masques proches ; Source : Energie Plus

Tableau 29 : Avantages et inconvénients des brises solaires architecturaux ; Source : Yannick, Sutter, et al, 2014

Type	Avantages	Inconvénients
Brises solaires horizontaux 	L'orientation plein sud, il permet de bloquer la pénétration du rayonnement direct au printemps et en été pour éviter les surchauffes, et bénéficier les apports solaires en période d'automne et d'hiver.	Diminue la composante diffuse de la lumière naturelle. Eclairage médiocre sous un ciel couvert.
Brises solaires verticaux 	Permet de réduire considérablement la pénétration du rayonnement solaire direct.	Eclairage médiocre sous un ciel couvert. Vue sur l'extérieur est très réduite.
Résille extérieure 	En fonction du pourcentage de perforation, le système peut permettre de bloquer le rayonnement solaire direct tout en conservant une vue sur l'extérieur.	Dispositif fixe qui ne permet pas de bénéficier de la dynamique de la lumière naturelle. Éclairages médiocres sous des conditions de ciel couvert.
Stores en toile 	Différents degrés de perforation sont disponibles. Vue vers l'extérieur conservée lorsqu'ils sont fermés. Efficaces contre les apports solaires si positionnés à l'extérieur.	Ventilation naturelle peu efficace lorsqu'ils sont fermés. Sensibles aux intempéries si positionnés à l'extérieur.
Stores réfléchissants ou à réorientation 	Optique soignée qui permet d'optimiser l'éclairage naturel en toute saison. Utilisation différente en fonction de l'orientation de la façade.	Système coûteux. Une mise en œuvre et maintenance par des spécialistes peut être nécessaire.

Chapitre III :
Cas d'étude

Introduction :

Un des facteurs du succès de n'importe quel équipement, c'est sa localisation c'est à dire la ville elle-même. La meilleure localisation correspond à un site urbain, d'un environnement valide et esthétique ayant une très bonne accessibilité proche des limites frontalières du pays.

Donc nous essayerons dans ce chapitre d'étudier le contexte global urbain du site à travers des enquêtes sur le terrain et étudier le support cartographiques et les documents écrits afin de mieux comprendre le processus de développement que connaît la ville.

Partie 1 : L'échelle urbaine :

I. PRESENTATION DE L'ASSIETE DU QUARTIER DURABLE :

I.1.Présentation de la ville de Zeralda :

I.1.a.Situation géographique :

Zeralda est une commune de la wilaya d'Alger, couvre une aire de 31.46 km² et se rattache naturellement à la zone littorale, elle se trouve à la latitude 36.7° N et 2.8° E de longitude Est, avec une altitude inférieure à 500m.

Zeralda est considérée comme la porte Ouest de la capitale Alger ; (Fig.99).

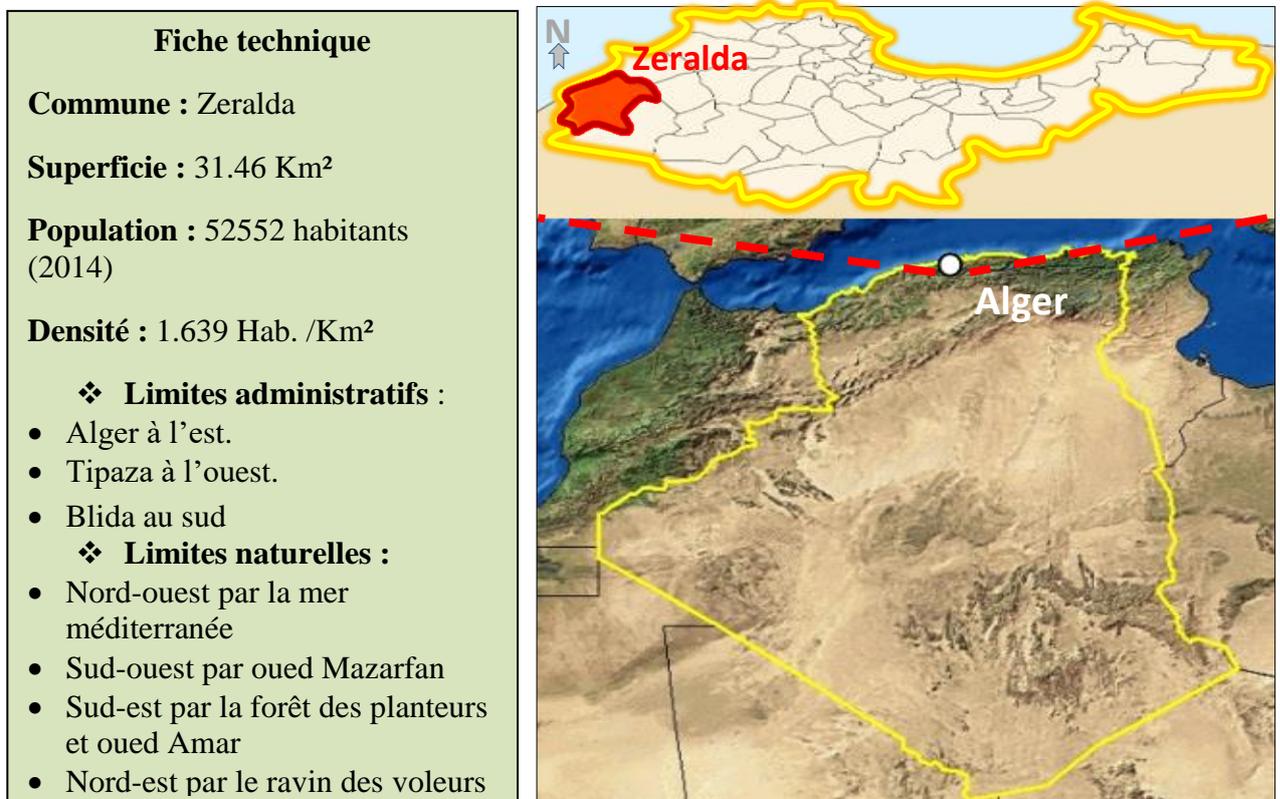


Figure 99 : Situation géographique de la commune de Zeralda ;

Source : PDAU Alger, traitée par auteurs.

I.1.b.Composantes de la ville :

Les trois entités de la ville ; (fig.100) :

- ❖ La ville coloniale créée en 1844
- ❖ La nouvelle extension (Sidi Menif)
- ❖ La 2eme extension : le front de mer c'est la zone d'infrastructure touristique où

la Z.E.T Ouest appartient est comprise entre :

- La mer méditerranée au nord.
- La route nationale RN11 au Sud.
- Oued Mazafran à l'Ouest.
- La Z.E.T Est à L'Est.

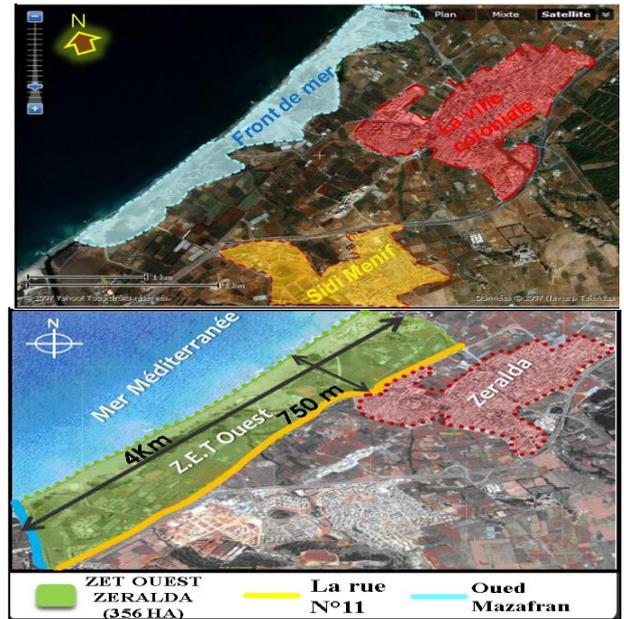


Figure 100 : La Z ET ouest de Zeralda ;
Source : Google Earth ; traitée par auteures.

I.1.c.Accessibilité à la ville :

Zeralda est accessible par 3 voies

extérieures:

- ❖ L'autoroute (est /ouest)
- ❖ La RN 63 à l'est qui relie Zeralda à la zone côtière.
- ❖ La RN11 qui traverse la commune et relie la ville d'Alger à Tipaza

L'accessibilité vers notre site d'intervention se fait par la RN 11 et trois voies secondaires, aucun parking ou liens piétons n'y est associé ; (Fig.101).

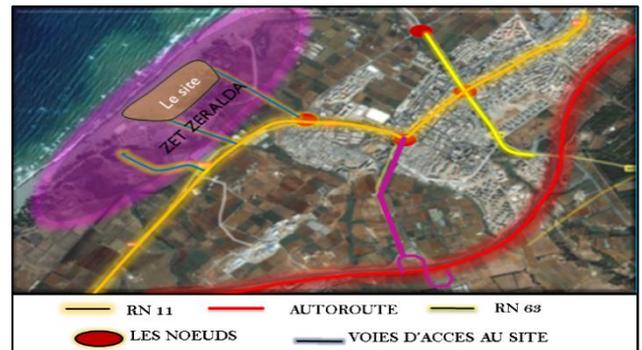


Figure 101 : L'accessibilité à la commune de Zeralda et la ZET ouest ; **Source :** Google Earth ; traitée par auteures.

I.1.d.Potentialités :

La bande maritime dispose d'une potentialité touristique par excellence grâce aux équipements de détente et surfaces de loisir, qui entoure notre aire d'étude, cela renforce la vocation touristique dans cette zone.



Figure102 : Les potentialités de la commune de Zeralda ; **Source :** Auteurs.

I.1.d. Analyse des données naturelles :

Zeralda se caractérise par un ensemble de paysages où on distingue plusieurs interactions entre les roches, l'eau, l'air, la végétation, la faune et l'homme.

❖ **Topographie :** Le relief au nord de la zone d'étude est relativement plat et de faible altitude et devient légèrement collinaire au sud avec des altitudes n'excédant pas les 189m. Il est ainsi constitué de deux ensembles physiques :

- **La bande littorale :** Une bande côtière d'environ 1 Km de largeur située au nord de la commune, avec une pente moyenne n'excédant pas 5% et des altitudes inférieures à 25m.
- **Le Sahel :** Des collines très ravinées constituées de sous bassins versants correspondant aux trois oueds. Le relief forme une série de contreforts débouchant sur une plaine côtière.

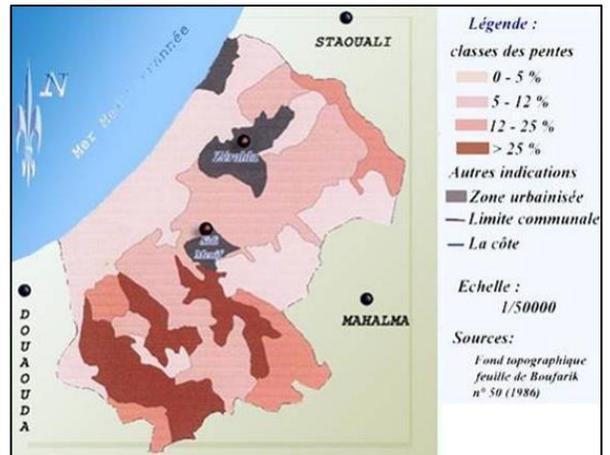


Figure 103 : Carte des pentes de la ville de Zeralda ; **Source :** B.N.E.D.R

❖ **Géologie :**

L'étude agro-pédologique du Sahel élaborée par la A.N.R.H en 1969 ainsi que l'étude de classification des sols réalisée par le B.N.E.D.E.R (fig.104) ; a permis de dégager trois types de sol :

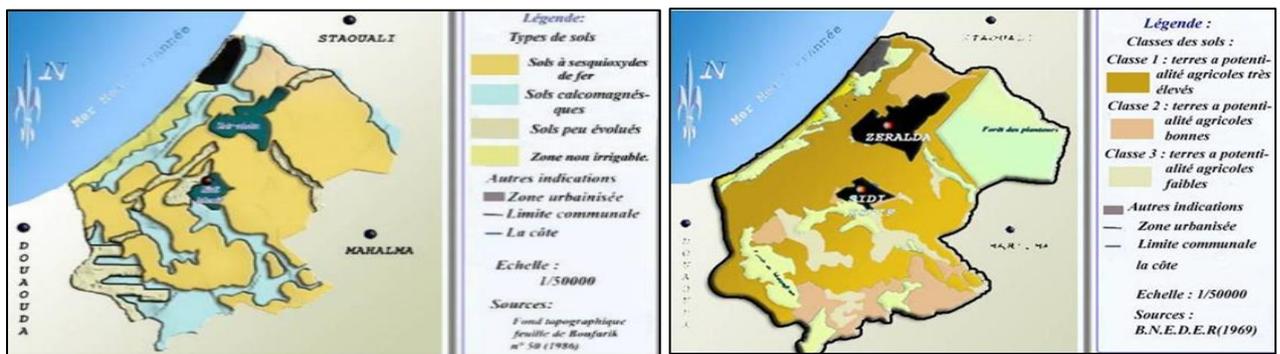


Figure 104 : types et classes du sol de la ville de Zeralda ; **Source :** B.N.E.D.E.R

Tableau : Le type et les classes du sol de la ville de Zeralda ; **Source :** Auteurs.

classe 1	Sols à potentialités agricoles très élevées	Argileux, avec une bonne perméabilité en surface
classe 2	Sols à potentialités agricoles bonnes	Caractérisés par une texture très homogène et fine
Classe 3	Sols à potentialités agricoles faibles	Une faible profondeur, les disponibilités d'irrigation sont très faibles ou non irrigables

❖ **Hydrologie :**

La ville de Zeralda dispose de 4 oueds (fig.) ; qui se convergent tous vers la mer méditerranée, le site est situé entre oued Mahelma et Sidi Menif. Les eaux usées et pluviales sont drainées vers la mer sans aucun prétraitement.



Figure 105 : Carte pédologique de la ville de Zeralda ; **Source :** C.N.E.R.U ; traité par auteures

❖ **Sismicité :**

Selon RPA99 la région de ZERALDA est classé en zone 3: sismicité élevée, cette dernière expose les différents sols à des risques géologiques.

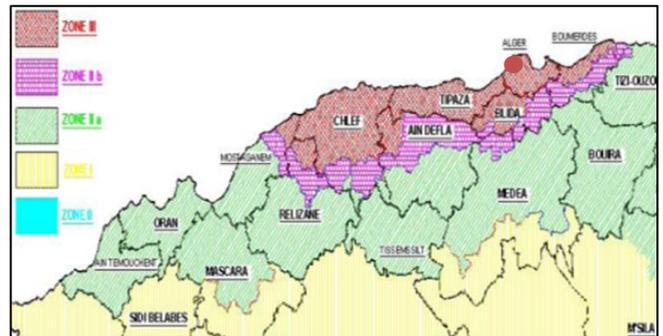


Figure 106 : Classification sismique ; **Source :** CGS.

❖ **La faune et la flore :**

La diversité géomorphologique crée des biotopes très particuliers, le territoire de la commune de ZERALDA recèle de nombreuses espèces aussi bien terrestres qu'aquatiques, un milieu naturel riche et diversifié des plus pittoresques. La mer méditerranée de 6 Km de long, de la végétation et des terres agricoles à exploiter, les forêts qui forment un paysage favorable aux activités de loisirs et détente ; (Tab.).

Tableau : La famille naturelle de la ville de Zeralda ; **Source :** Auteurs

Famille naturel			
<p><u>Les oueds :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •Oued aggar •Oued Sidi Menif •Oued Mazafran •Oued Mehalmna 			
<p><u>Les terres agricoles</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •La surface agricole totale est de 2044.89 ha soit 64.89% de la surface de la commune qui totalise presque 3150 ha 			
<p><u>Les forêts :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> •Forêts de la plage familiale (l'olivier) •Forêt de sidi manif •Forêt du complexe de zéralda •Forêts des planteurs 			
<p><u>Les plages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Présence d'un front de mer très convoité et très fréquenté par la population estivale •Zéralda comporte un potentiel naturel de très grande valeur: 			

Synthèse

Après l'étude et l'analyse de la ville de « ZERALDA», nous avons constaté les points suivants:

- ❖ le manque d'animation et la faible articulation :
Entre les différentes entités de la ville (le village sidi Menif, la Z.ET Ouest, et le centre-ville) d'une part et entre la ville et son front mer.
- ❖ Zeralda, une ville portuaire de la méditerranée
- ❖ Une ville touristique importante.
- ❖ Sa situation stratégique sur la bande littorale.
- ❖ Ses richesses naturelles inestimables et pittoresques et d'énormes potentialités.
- ❖ Sa réputation côtière abrite des belles plages, des hôtels, avec un littorale de plus de 4 kilomètres.
- ❖ Le manque au niveau des équipements liés à la recherche maritime malgré la richesse

I.2.Analyse climatique :

I.2.1.Température :

Dans cette ville côtière, la température connaît un adoucissement grâce à la présence de la mer et de nombreux cours d'eaux.

Les résultats climatologiques définis par la station météorologique de Dar El Beida et ceux du logiciel METEONORM sont les suivants ; (Fig.107).

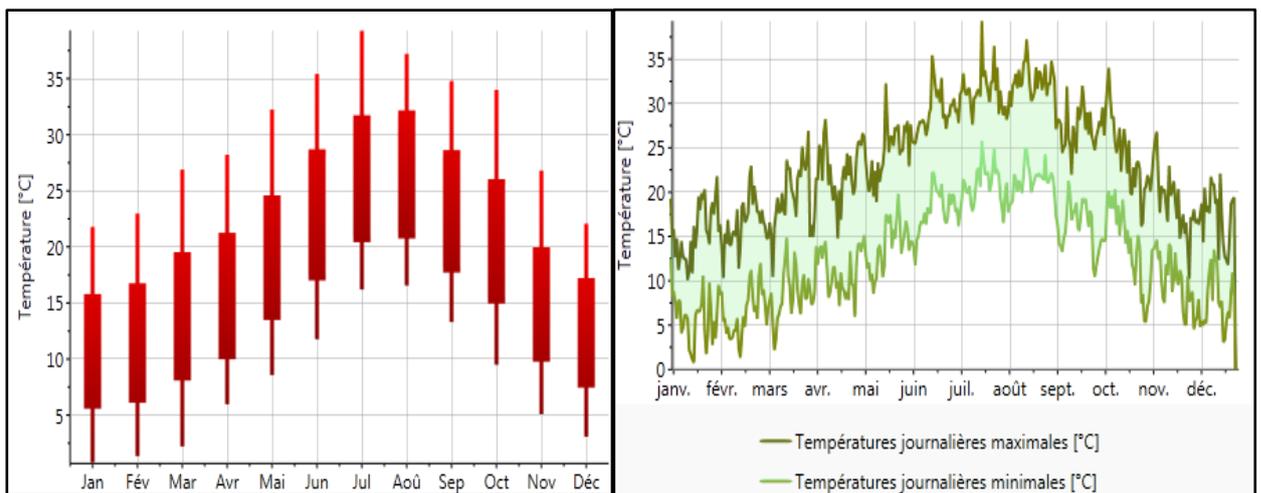


Figure 107 : Moyenne des températures mensuelles et journalières 2008-2017 ; **Source :** Météonorme ,2017

Les températures varient entre 33 et 22 °C les mois chauds de l'été (juillet, août) et entre 6 et 17°C les mois les plus froids (décembre à février) ; L'écart de température diurne est important dépasse les 15 °C.

I.2.2 : Ensoleillement :

A travers le tracé du diagramme solaire (Fig. 108) . Ainsi que la simulation d'ombre avec le logiciel Ecotect¹² (Fig.109), on peut définir la durée d'exposition aux rayons solaire à différent moment du jour et de l'année.

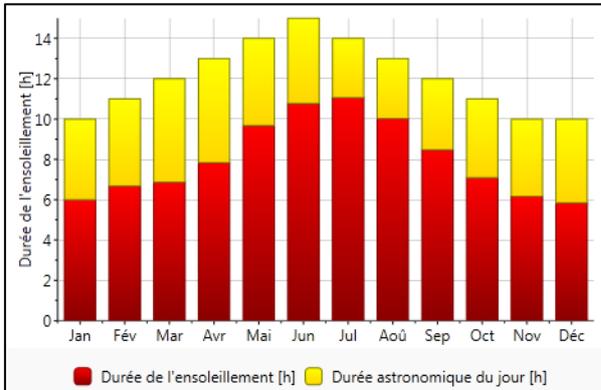


Figure 108 : Durée d'ensoleillement mensuelle ; **Source :** Résultats météorologiques de Météonorme, 2017

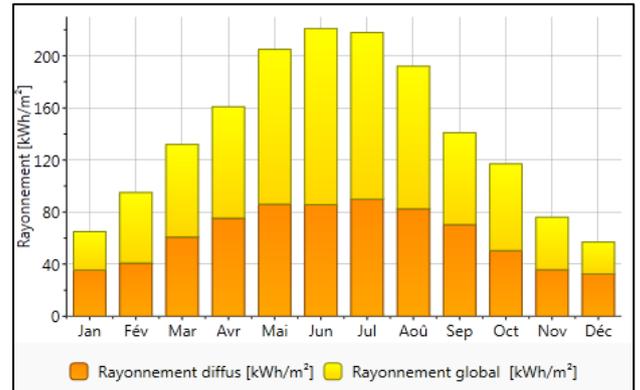


Figure 109 : Rayonnement global/diffus ; **Source :** Résultats météorologiques de Météonorme, 2017

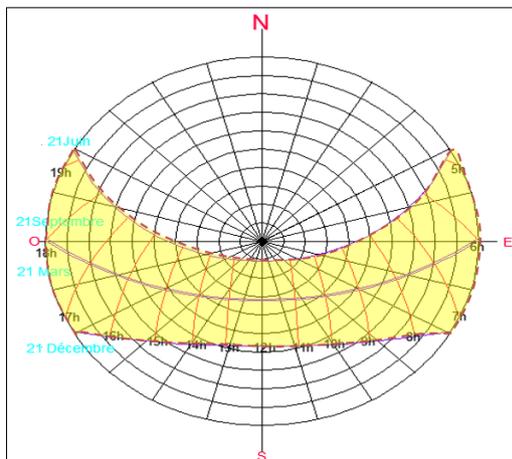


Figure 110 : Diagramme solaire de Zeralda ; **Source :** Auteurs.

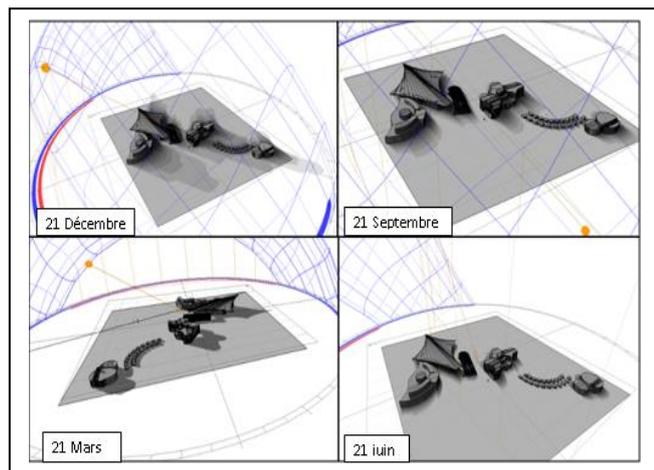


Figure 111 : Simulation d'ombre ; **Source :** Auteurs .

Zeralda est situé dans la zone du climat tempéré à l'intérieur du laquelle on trouve déjà une forte variation de la trajectoire solaire. Le terrain est carrément exposé aux rayons solaires, puisque le site est pratiquement plat ainsi que l'absence totale d'obstacles proches ou lointains.

¹² ECOTECT : Logiciel de simulation complet qui associe un modeleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût , un outils d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels.

1.2.3. Humidité :

L'humidité à ZERALDA atteint le seuil de 80% et descend jusqu'à 67 % soit une moyenne annuelle importante de 75%. Zeralda appartient à la zone climatique d'hiver H1a caractérisée par des hivers doux humides et amplitudes faibles ; et celle d'été E1 par des étés chauds et très humides ; (Fig.112).

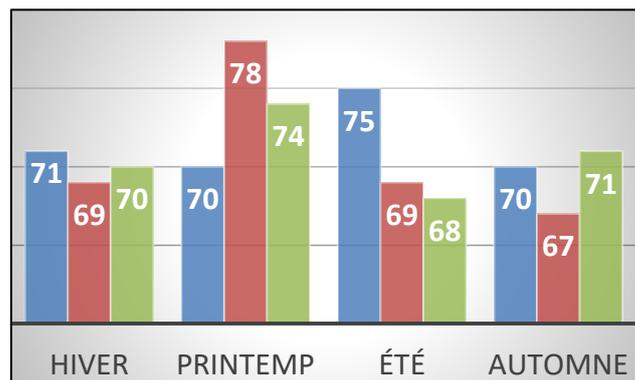


Figure 112 : Variation de l'Humidité relative (période : 2008-2017) ; **Source :** Auteurs.

1.2.4. Précipitations :

Le climat se définit par deux saisons : Une saison pluvieuse d'octobre à Mai avec un maximum de pluviométrie de 100mm le mois de Novembre.

Une saison sèche qui s'étale en été, avec un minimum aux mois de Juin et Juillet, ce qui est favorable pour le tourisme balnéaire (Période estivale) ; (Fig.113).

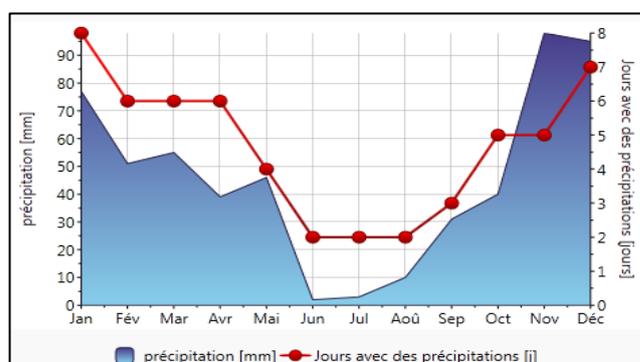


Figure 113 : Les précipitations mensuelles ; **Source :** Météonorme, 2017

1.2.5. Vents dominants :

Les vents sont caractérisés par leur vitesse et leur intensité : Les vents prédominants sont de direction ouest, sud-ouest au mois de Septembre –février. En hiver, les vents du nord-ouest – ouest sont souvent froids (15°); en été les vents du sud sont fréquents et peuvent être chauds et secs ; (Fig.114).

Ils sont presque constantes, assez faibles présentent une vitesse moyenne de 2 m/s avec une valeur minimale le mois d'Octobre 5.8 m/s (brise légère) et une valeur maximale de 6.8 m/s (brise douce) enregistrée au mois de Mars ; (Fig.115).

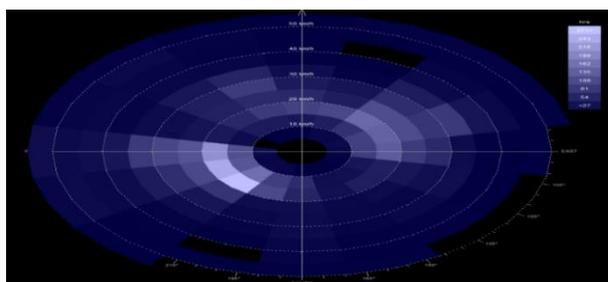


Figure 114 : La direction des vents dominants ; **Source :** Auteurs ,d'après Weather tool

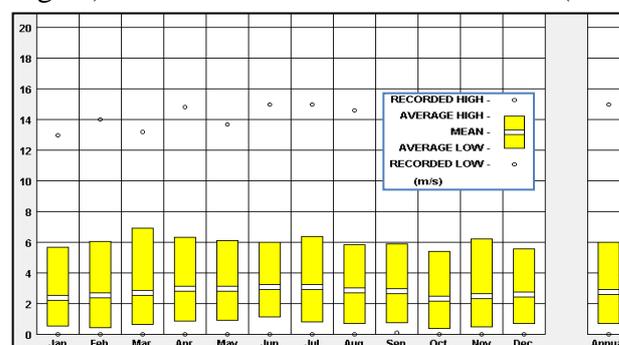


Figure 115 : La vélocité des vents durant l'année **Source :** Météonorme, climatconsultant ; 2017

Synthèse : Après l'étude et l'analyse climatique nous avons constaté les points suivants:

- De hauts niveaux d'humidité au-delà 70 % donnent lieu à une croissance microbienne l'humidité relative doit être gardée entre 40 et 65 %. c'est strictement obligatoire de prendre en charge des préventions à l'échelle urbaine tel que l'aménagement des espaces jardin , et même à l'échelle du bâti on pensant au matériaux de construction ,penser à étanchéifier l'infrastructure ,ainsi que la superstructure penser au traitement en surface et intégrer des solutions passives et des dispositifs de rafraichissement .
- Assurer un Système de récupération des eaux pluviales : L'eau est canalisée vers les descentes des gouttières, la filtration d'eaux des autres éléments et les stocker dans des cuves, pour l'exploitation quotidienne.
- Orienter le bâtiment afin de créer des percées pour la bonne circulation de la brise marine afin de produire de l'énergie éolienne
- Conditions estivales : Pour les températures de locaux comprises entre 21 et 24°C, un déplacement d'air à la vitesse de 0,5 à 1 m/s donne une sensation rafraîchissante Ce mouvement d'air sera obtenu grâce à la disposition des espaces ainsi que les ouvertures et à l'aide ventilateurs.

I.3.Analyse bioclimatique :

Cette analyse est élaborée pour définir la zone de confort, de même que ses limites sont présentés et discutés afin d'identifier les paramètres optimaux pour améliorer les conditions du confort et ainsi définir les stratégies à adopter à l'échelle urbaine et les différents éléments de conception architecturale influant sur le confort à travers les différentes stratégies générées.

I.3.1.Le diagramme de Givoni :

En montrant, à travers les différentes zones d'action diagramme de Givoni, les solutions techniques pour amener l'ambiance intérieure des bâtiments dans la zone de confort sans courant d'air (définie en rouge) tout en évitant des systèmes de refroidissement de type climatisation ou pompe à chaleur ; (Fig.116).

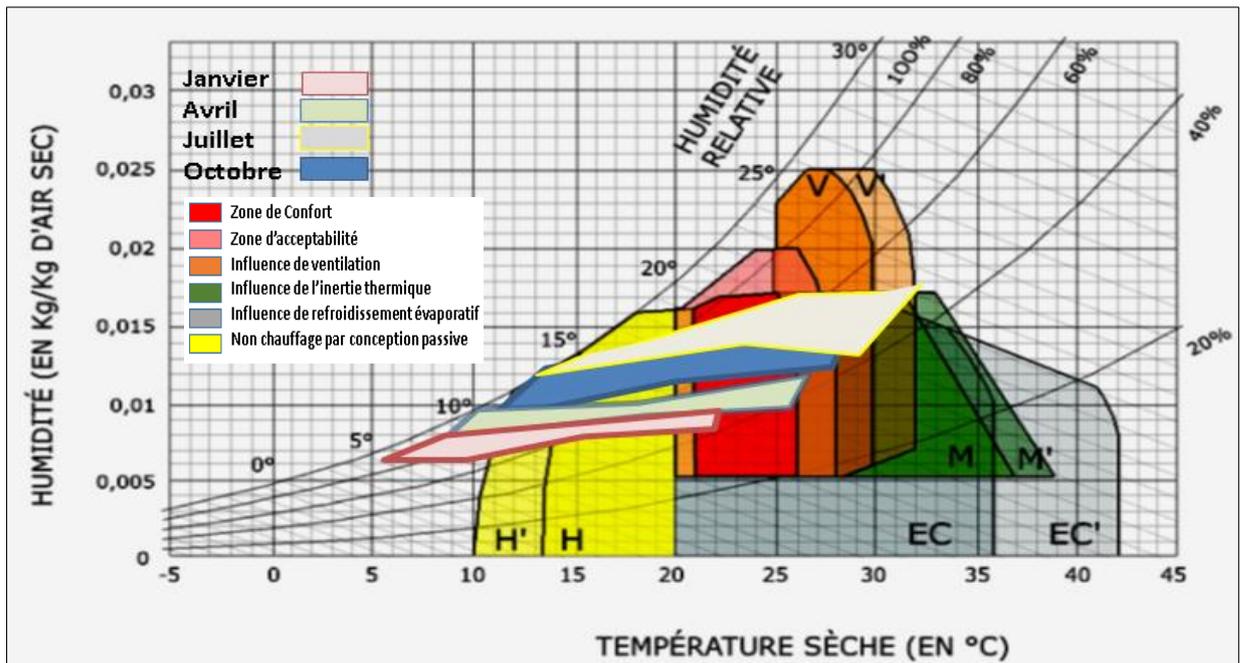


Figure 116 : Le diagramme bioclimatique de Givoni (1976), **Source :** Kaoula, traitée par auteurs

Recommandations :

- Il est nécessaire de chauffer en Janvier (hiver) :
- Il n'est pas nécessaire de chauffer en avril (printemps) avec une conception bioclimatique et qu'il en est de même en octobre;
- Il n'est pas nécessaire de climatiser en juillet (été) avec une inertie thermique et une protection solaire suffisantes ainsi qu'une ventilation nocturne durant certaines nuits ;
- Que l'on peut aussi utiliser les ressources du refroidissement évaporatif (ventilation)
- la climatisation n'est pas une nécessité dans ces conditions climatiques, sauf si les solutions architecturales mises en jeu par les limites indiquées par le diagramme bioclimatique ne peuvent être mises en œuvre

1.3.2. La gamme de confort de De Dear et de Brager :

Le travail a défini une bande de 5 °C de largeur autour la température de confort pour 90% d'acceptabilité, et de 7°C de largeur pour 80% d'acceptabilité. L'ASHRAE standard 55 recommande d'utiliser cette méthode pour les bâtiments à ventilation naturelle, et doit également être utilisée pour une température extérieure comprise entre 10 °C et 33 °C, cela nous donne une limite minimum et maximum de 21°C et de 27°C pour le centre de la zone de confort ;(Fig.117).

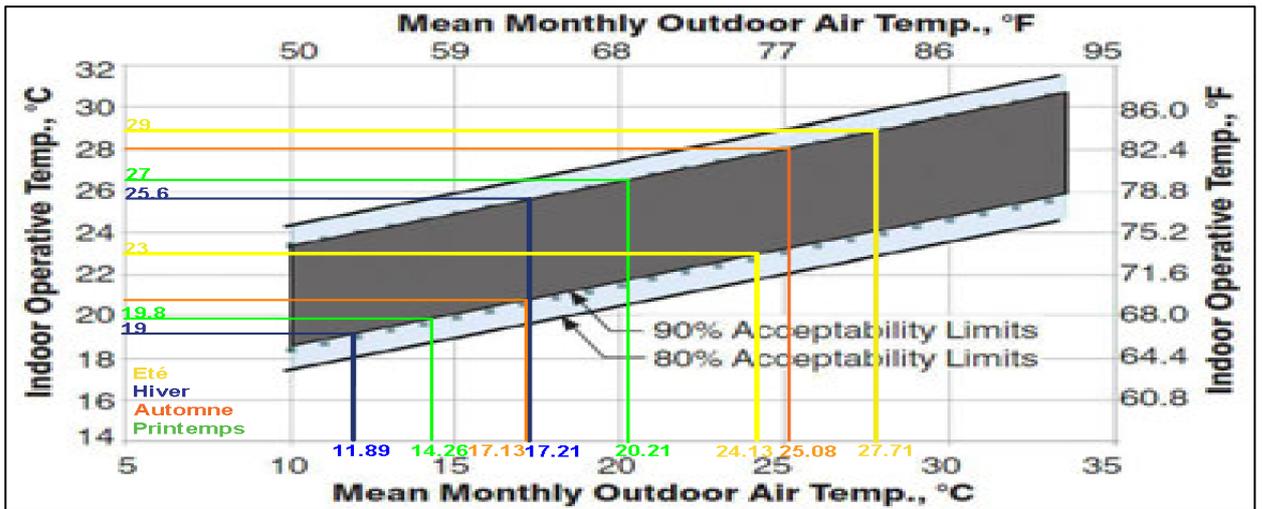


Figure 117 : La gamme de De Dear, Source : Kaoula, 2018. Traitée par auteures

Tableau 30 : Comparaison de T° moy int obtenue et la T° moy du confort calculée ; Source : Auteures

	Hiver		Printemps		Été		Automne	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
T Moy ext	17,21	11,89	20,21	14,26	27,71	24,13	25,08	17,13
T Moy int	25,6	19,0	26,60	19,8	28,80	23,0	28,0	23,5
T Moy conf	25,6	18,89	25,86	19,72	28,89	22,78	28,07	20,61

Recommandations :

D'après la projection des températures moyennes extérieures, on constate que les limites de température moyenne à l'intérieur du bâtiment pour la région de Zeralda durant toute l'année sont similaires à celles du confort, donc une conception du projet offrant déjà un bon confort sans intervention, ainsi que les calculs des températures minima et maxima acceptables permettant de diminuer les besoins en énergie (printemps et automne).

Cet objectif exige des stratégies conceptuelles pertinentes et une conception architecturale performante des bâtiments pour atteindre le confort thermique acceptable des occupants

1.3.3. Tables de Mahoney :

Les tables de Mahoney constituent une série de tableaux réunissent des données climatiques d'un terrain donné fournissent des recommandations traditionnelles de conception en climatisation naturelle. La méthode couvre des éléments architecturaux du plan de masse, un diagnostic sur le stress thermique attendu et des détails de construction des ouvrages.

A travers l'outil d'aide Matéonorme on a fait ressortir les dix tables des températures extérieures de dix ans (2008-2017), et le calcul de T° moyenne des dix ans on trace la table si dessous :

Table 1 : Etude en moyenne mensuelle sur la température extérieure : Source : Auteurs

Mois	Jan	Fév	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Ao	Sep	Oct	Nov	Déc
T.m max	22.8 9	23.7	27.4 3	30.0	33.5 9	37.4 2	39.0 1	38.8 6	36.6 4	35.4 6	29.4 1	23.6 0
T.m min	1.08	0.09	1.19	5.92	6.84	10.8 4	16.4 2	15.8	13.5 3	7.89	4.85	1.83
EDT	21,8 1	23.6 1	26.1 4	24.1	26.7 5	26.5 8	22.5 9	23.0 6	23.1 1	27.5 7	24.5 6	21.7 7

La T° haute	La T° basse	T° annuelle .moyenne	Ecart annuel de température
39.01	0.09	19.34	38.92

Selon les calculs de l'humidité relative mensuelle maximale, minimale et moyenne (Table 2), et la classification du groupe hygrothermique GH ;

GH	
≤30%	1
30-50	2
50-70	3

(Fig.)

Figure : Le groupe GH ; **Source :** Kaoula, 2018.

Table 2 : Etude d'humidité relative, la pluie et la direction du vent dominant et secondaire : Source : Auteurs

Mois	Jan	Fév	Ma	Avr	Mai	Jui	Juil	Ao	Sep	Oct.	Nov	Dé	
H.R max	87	90	95	97	90	92	90	91	88	90	93	89	
H.R min	49	48	59	57	49	57	48	49	52	44	52	54	
H.R moy	68	69	77	77	69.5	74.5	69	70	70	67	72.5	71.5	
G.H	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	
Pluie (mm)	83	52	55	39	45	03	04	10	31	40	100	95	
vents	dominants	N	NO/ SO	NE/ SO	NO/ SO	NE/ SO	N/ NE	N/ NE	NO/ SO	NO/ SO	NO/ SO	NO/ SO	SO/ O
	Secondaires	SO	NE	E/S E	NE E	N/S	SO	NO/ SO	E/S E	NE	S/SE	NE/ SE	SE

Selon les limites de confort à partir de la température annuelle moyenne (tab), on peut déterminer la plage de la température du confort diurne et nocturne.

Tab. : Les limites de confort à partir de la température annuelle moyenne : Source : Kaoula, 2018

	G.H	TAM ≥ 20				15 ≤ TAM ≤ 20				TAM ≤ 15			
Humidité	Groupe	Jour		Nuit		Jour		Nuit		Jour		Nuit	
0 30	1	26	34	17	25	23	32	14	23	21	30	21	30
30 50	2	25	31	17	24	22	30	14	22	20	27	20	27
50 70	3	23	29	17	23	21	28	14	21	19	26	19	26
>70	4	22	27	17	21	20	25	14	20	18	24	18	24

Table 3 : la table des indicateurs de contre-mesures aux symptômes de stress thermique rencontrés de la ville de Zeralda ; **Source** : Auteurs.

(C=très chaud, f= trop froid, - = confort)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
G.H		3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4
T° moyenne annuelle		19.34											
T° moyenne mensuelle maximale		22.8	23.7	27.43	30.0	33.59	37.42	39.01	38.86	36.64	35.46	29.41	23.60
Confort Diurne	Maxi	21	21	20	20	21	20	21	21	21	21	20	20
	Mini	28	28	25	25	28	25	28	28	28	28	25	25
T° moyenne mensuelle minimale		1.08	0.09	1.19	5.92	6.84	10.84	16.42	15.8	13.53	7.89	4.85	1.83
Confort nocturne	Maxi	21	21	20	20	21	20	21	21	21	21	20	20
	Mini	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Stress thermique	Jour	-	-	-	C	C	C	C	C	C	C	C	-
	nuit	F	F	F	F	F	F	-	-	F	F	F	F

Table 4 : le diagnostic de stress thermique de la ville de Zeralda ; **Source** : Auteurs.

Indicateurs		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Humidité H	H1 ventilation essentielle				X		X					X		3
	H2 Ventilation désirable			X									X	2
	H3 Protection pluie													0
Aridité A	A1 Inertie thermique	X	X			X		X	X	X	X			7
	A2 Dormir dehors													0
	A3 Probabilité saison froide													0

Selon l'importance du chiffre rencontrée, la table nous amène à des recommandations à l'intérieur de chaque sujet :

Table 5 : la table des recommandations ; Source : Auteurs.

Indicateurs						Recommandations
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
3	2	0	7	0	0	
				0-10	0-4	1- Aménagement: Bâtiment orienté nord et sud selon un axe longitudinal Est Ouest pour diminuer l'exposition au soleil
2-10						2- Espacement: Grand espacement pour favoriser la ventilation avec une protection contre vent chaud/froid
3-12				6-12		3- Ventilation: Bâtiment à double orientation permettant une ventilation permanente / ventilation inutile
				6-10		4- Taille des ouvertures : Ouvertures intermédiaire à grande taille de 35 à 80% des façades nord et sud.
3-12	2-12			6-12		5- Position des ouvertures : Ouvertures dans les murs nord et sud à hauteur de l'homme, de la façade exposée au vent plus des ouvertures pratiques dans les murs intérieurs
					0	6- Protection des ouvertures : Se protéger contre l'ensoleillement direct
				3-12		7- Murs et planchers: Murs extérieurs et intérieurs lourds, décalage horaire supérieur à 8 heures
0-9			3-12			8- Toitures: Toiture légère bien isolée à revêtement réfléchissant et vide d'air
			2-12			9- Dormir dehors : Espace pour dormir dehors (terrasse) nécessaire.
			3-12			10- Protection contre la forte pluie : Nécessité de protection contre la forte pluie.
						11- Caractéristiques extérieures: Pas de nécessité de drainage approprié des eaux de pluie.

1.3.4. Le diagramme d'Evans :

Le diagramme de triangles de confort est développé afin de suggérer des stratégies qui consistent à fournir le confort thermique. Il est basé sur deux variables : la moyenne de température mensuelle (T_m), et l'amplitude thermique (A_t) pour tracer 12 points qui représentent les 12 mois de l'année.

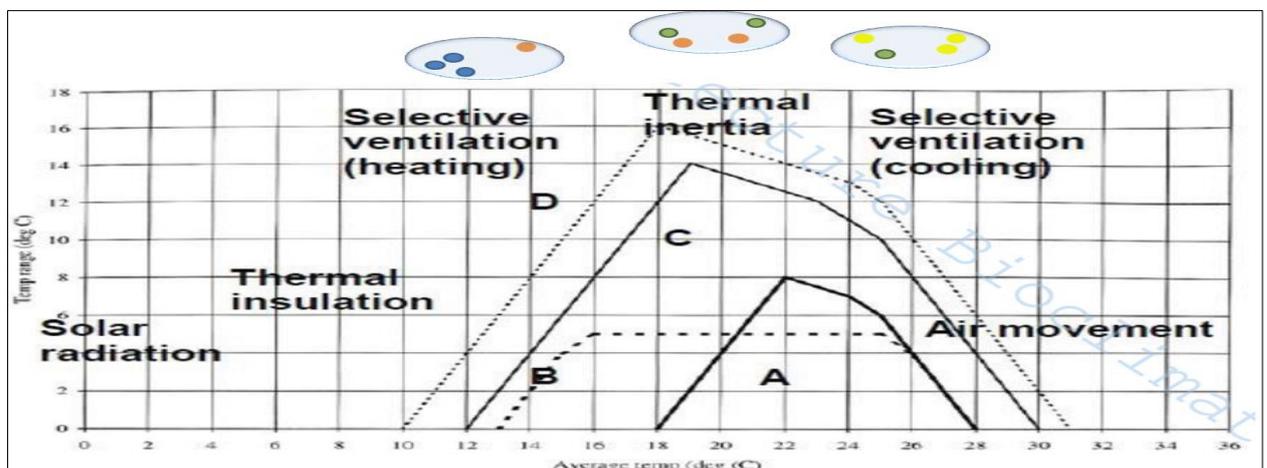


Figure 118 : Les triangles d'Evans ; **Source :** Kaoula, D. 2018 .traitée par auteurs

On peut classer ces stratégies selon la manière d'améliorer le confort thermique comme ceci :

- Les mois d'hiver en bleu (la tache gauche) représente la période qui exige une radiation solaire (chauffage solaire passif), une forte isolation thermique pour conserver les gains interne et une ventilation sélective pour chauffer l'intérieur pour atteindre le confort thermique ;
- Les mois Avril, Mai, Octobre et novembre (la tache au centre de la figure) nécessite uniquement une forte inertie thermique des matériaux pour atteindre le confort thermique intérieur ;
- Les mois Juin, Juillet, Aout et Septembre (la tache droite) représente la période d'été. Afin d'atteindre le confort thermique intérieur, on besoin une inertie thermique associe à une ventilation sélective pour refroidir l'intérieur (ventilation nocturne), ainsi, le mouvement d'aire sensible et nécessaire.

1.3.5. Le diagramme de Szokolay :

Avec un pourcentage de 76% de confort sans aucun moyen actif, le climat tempéré est l'un des climats les plus confortables, donc ombragé pour éviter la surchauffe, ouvert aux brises en été, et utiliser les gains solaire passif en hiver. Le tableau si dessous représente quelques solutions passives à intégrer lors de la conception bioclimatique d'un bâtiment

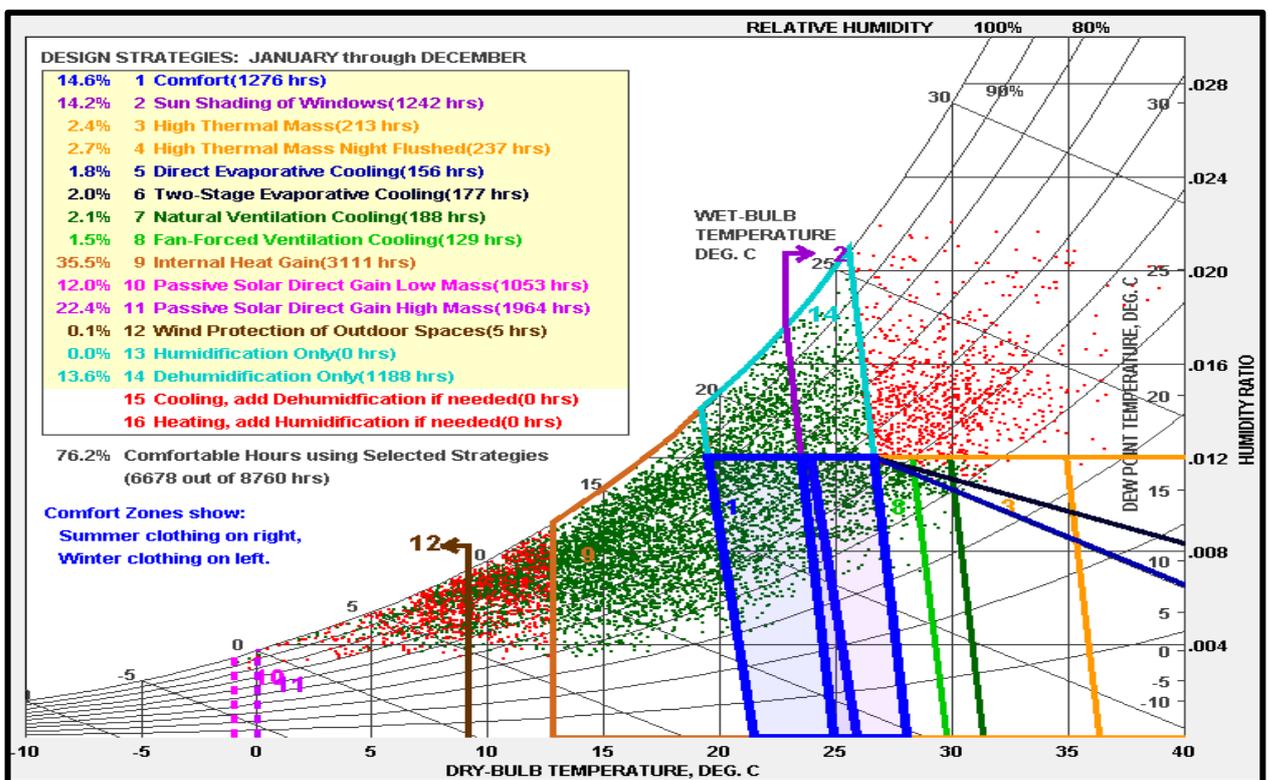
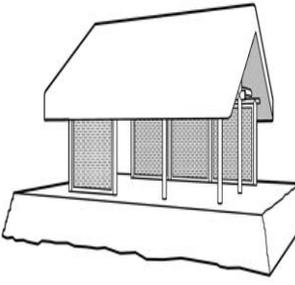
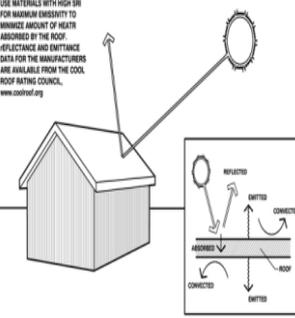
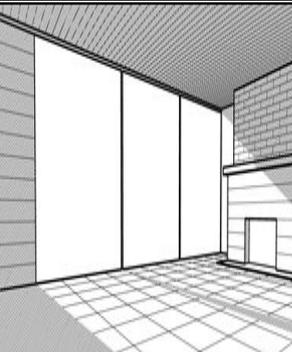
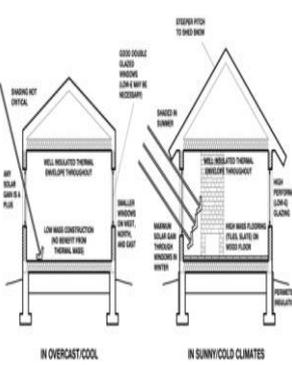
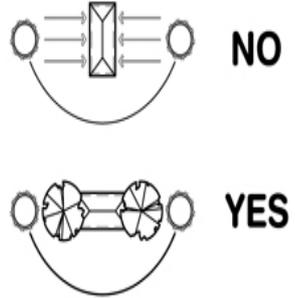
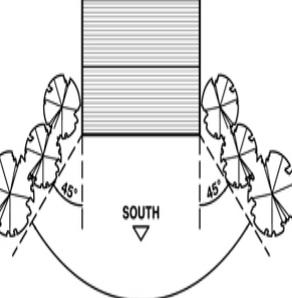
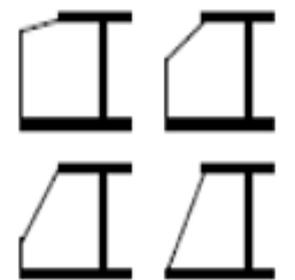
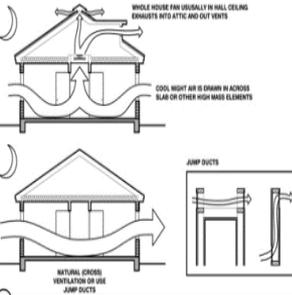


Figure 119 : Le diagramme de Szokolay ; Source : Kaoula .D ; modifiée par auteurs

Tableau 31 : Solutions passives intégrées lors de la conception bioclimatique ; Source : Auteurs

Solution	Schémas explicatif	Solution	Schémas explicatif														
<p>Une construction légère avec une dalle sur le sol et des murs utilisables et des espaces extérieurs ombragés.</p>		<p>Toit à faible pente avec de large surplombe. Des porte-à-faux ou des par soleil fonctionnels (auvents qui se prolongent en été).</p>															
<p>Des matériaux de construction de couleurs claire et des toitures fraîches (à haute émissivité) pour minimiser les gains de chaleur.</p>	<p>SOLAR REFLECTANCE INDEX (SRI) USE MATERIALS WITH HIGH SRI FOR MAXIMUM EMISSIVITY TO MINIMIZE AMOUNT OF HEAT ABSORBED BY THE ROOF. REFLECTANCE AND EMISSANCE DATA FOR THE MANUFACTURERS ARE AVAILABLE FROM THE COOL ROOF RATING COUNCIL. www.coolroof.org</p> 	<p>Plan d'étage long et étroit aide à maximiser la ventilation transversale, pour que le soleil d'hivers pénètre profondément.</p>															
<p>Fournir des vitres à double vitrage haute performance (low -E) à l'ouest, au nord et à l'est mais dégager le sud pour un gain solaire passif maximal.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DOUBLE PANE LOW - E</th> <th>DOUBLE PANE CLEAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .42</td> <td>TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .52</td> </tr> <tr> <td>58% REFLECTED, 42% TRANSMITTED</td> <td>48% REFLECTED, 52% TRANSMITTED</td> </tr> <tr> <td>TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .43</td> <td>TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .57</td> </tr> <tr> <td>57% REFLECTED, 43% TRANSMITTED</td> <td>43% REFLECTED, 57% TRANSMITTED</td> </tr> <tr> <td>TYPICAL CONDUCTION U-FACTOR = .43</td> <td>TYPICAL CONDUCTION U-FACTOR = .43</td> </tr> <tr> <td>55% REFLECTED, 45% TRANSMITTED</td> <td>55% REFLECTED, 45% TRANSMITTED</td> </tr> </tbody> </table>	DOUBLE PANE LOW - E	DOUBLE PANE CLEAR	TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .42	TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .52	58% REFLECTED, 42% TRANSMITTED	48% REFLECTED, 52% TRANSMITTED	TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .43	TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .57	57% REFLECTED, 43% TRANSMITTED	43% REFLECTED, 57% TRANSMITTED	TYPICAL CONDUCTION U-FACTOR = .43	TYPICAL CONDUCTION U-FACTOR = .43	55% REFLECTED, 45% TRANSMITTED	55% REFLECTED, 45% TRANSMITTED	<p>Une bonne ventilation naturelle peut réduire ou éliminer la climatisation, si les fenêtres sont bien ombragées et orientées vers les brises dominantes.</p>	
DOUBLE PANE LOW - E	DOUBLE PANE CLEAR																
TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .42	TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .52																
58% REFLECTED, 42% TRANSMITTED	48% REFLECTED, 52% TRANSMITTED																
TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .43	TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .57																
57% REFLECTED, 43% TRANSMITTED	43% REFLECTED, 57% TRANSMITTED																
TYPICAL CONDUCTION U-FACTOR = .43	TYPICAL CONDUCTION U-FACTOR = .43																
55% REFLECTED, 45% TRANSMITTED	55% REFLECTED, 45% TRANSMITTED																
<p>Utiliser des matériaux végétaux (arbustes, arbres, murs recouverts de lierre) surtout à l'ouest pour minimiser le gain de chaleur.</p>		<p>Les arbres (ni conifères ni feuilles) ne doivent pas être plantés devant des fenêtres solaires passives, mais ils sont OK au- delà de 45° de chaque coin.</p>															
<p>Les vérandas et les patios grillagés peuvent fournir un refroidissement passif par la ventilation, par temps chaud et prévenir les problèmes d'insectes.</p>		<p>Un ventilateur pour toute la maison ou une ventilation naturelle peut stocker la fraîcheur nocturne dans les surfaces</p>															

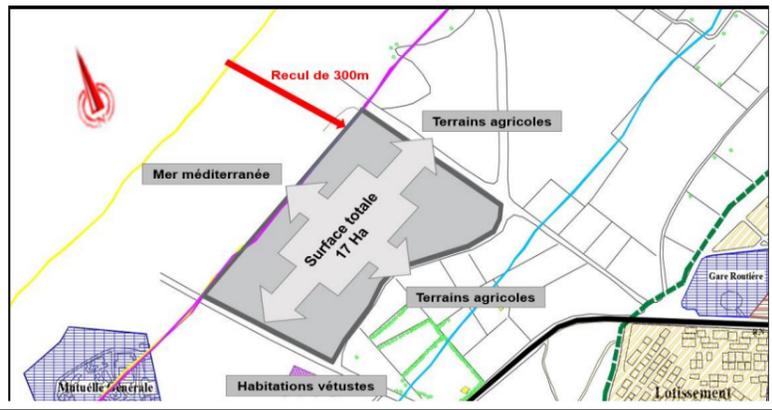
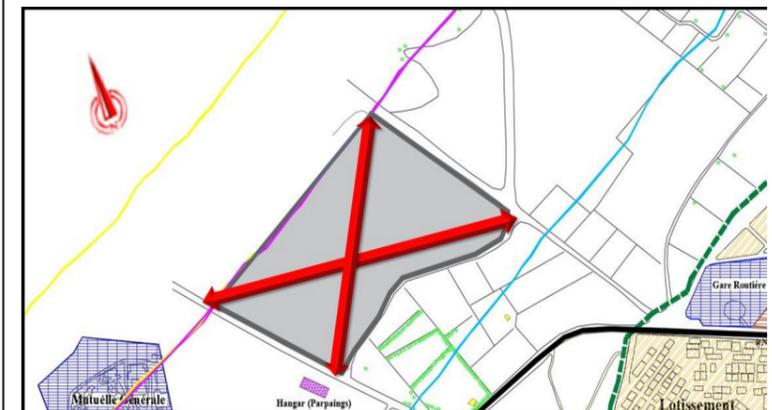
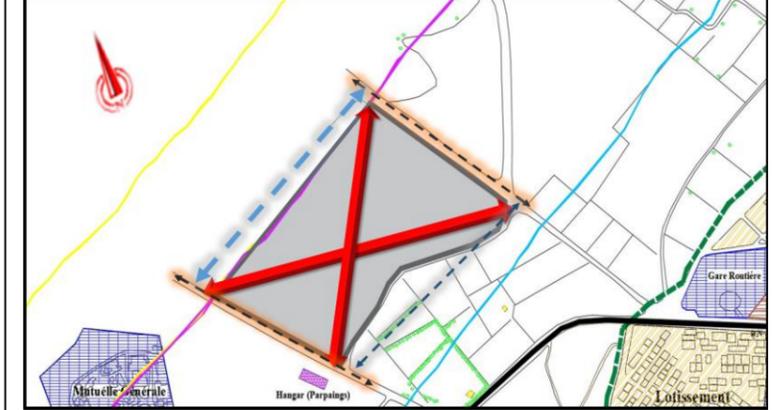
II. LA DEMARCHE D'AMENAGEMENT DE L'ECO-QUARTIER :

L'édification de notre éco quartier procède par l'intensification des valeurs d'usage économiques, sociales, écologiques, esthétiques, etc., d'un espace de projet. Comme le montre l'exemple d'Eva Lanxmeer analysé au préalable, c'est le site même et son contexte qu'il faut penser à partir d'une mise en paysage de l'espace urbain au-delà des périmètres d'intervention.

II.1.Ses caractéristiques :

- ❖ Situé dans une ville côtière et occupe une partie de la ZET OUEST de Zéralda, ce qui favorise sa vocation touristique ;
- ❖ Assurément écologique, par la variété des espaces verts proposés, la mise en place de cordons biologiques, les fossés-rus, etc ;
- ❖ Vivant et porteur d'une identité forte, parce qu'il favorise la mixité sociale et fonctionnelle et propose plusieurs pôles de rencontres connectés par un maillage de mobilité douce ;
- ❖ Énergétiquement exemplaire.

II.2. La genèse du plan d'aménagement de l'éco-quartier :

Etape	Figure
<p>1- Nous avons créé un recul de 300m par rapport à la plage et un autre recul de m par rapport aux 2 pistes qui se trouvent à l'Est et à l'Ouest.</p>	 <p>Figure 120 : Les limites du site d'intervention ; Source : Auteurs.</p>
<p>2- Selon la table 5 de Mahonney et suivant la recommandation (1) , concernant l'aménagement , bâtiment orienté Nord et Sud selon un axe longitudinal Est/Ouest pour diminuer l'exposition au soleil.</p>	 <p>Figure 121 : Fixation des axes structurants ; Source : Auteurs.</p>
<p>3- Le site est doté, coté Est et Ouest de 2 pistes existantes qu'on va les réaménager, au Sud nous avons projeté une voie mécanique reliant les deux pistes et au nord une autre voie mécanique, en créant une esplanade.</p>	 <p>Figure 122 : l'accessibilité à l'éco-quartier ; Source : Auteurs.</p>

4- L'intersection des deux axes majeures avec les 4 voies mécaniques donne naissance à 4 nœuds afin de faciliter l'accessibilité à l'éco-quartier et assurer sa connexion par ces 4 cotés.

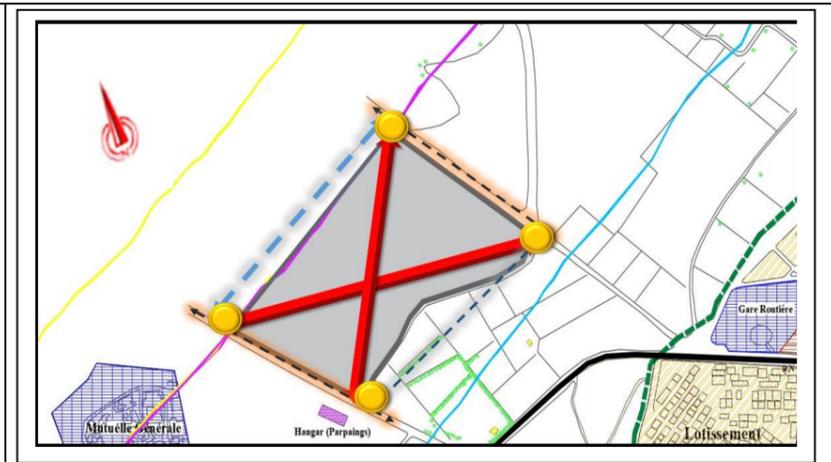


Figure 123 : Identification des nœuds ; **Source :** Auteurs.

5- L'intersection des 2 axes diagonaux donne naissance à l'espace central de l'éco-quartier, à partir duquel l'organisation spatiale s'est effectuée.

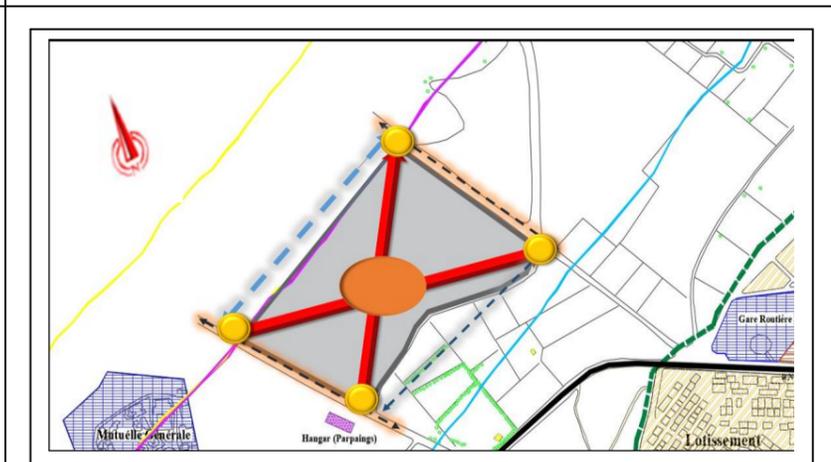


Figure 124 : Identification de l'espace central ; **Source :** Auteurs.

6- La mixité fonctionnelle est notre visée, Au Nord nous avons projeté Des équipements à caractère touristique proche profiter de la vue panoramique et des espaces assez dégagés, au Sud équipements à caractère Commercial pour assurer la continuité avec la ville et à l'est une fonction résidentiel et hébergement.

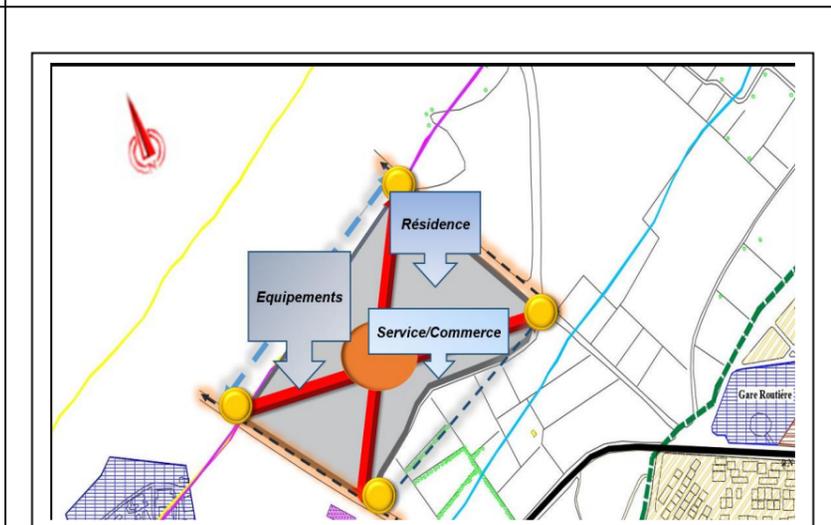


Figure 125 : Identification des fonctions (Zoning) ; **Source :** Auteurs.

II.3. Plan d'aménagement de l'éco-quartier :



Figure 126 : Plan d'aménagement de l'éco-quartier ; Source : Auteurs .

III. Les principes écologiques intégrés au niveau de l'éco-quartier :

Afin d'assurer le bon fonctionnement de notre éco-quartier nous avons utilisé une série de principes écologiques tel que :

III.1. Mobilité :

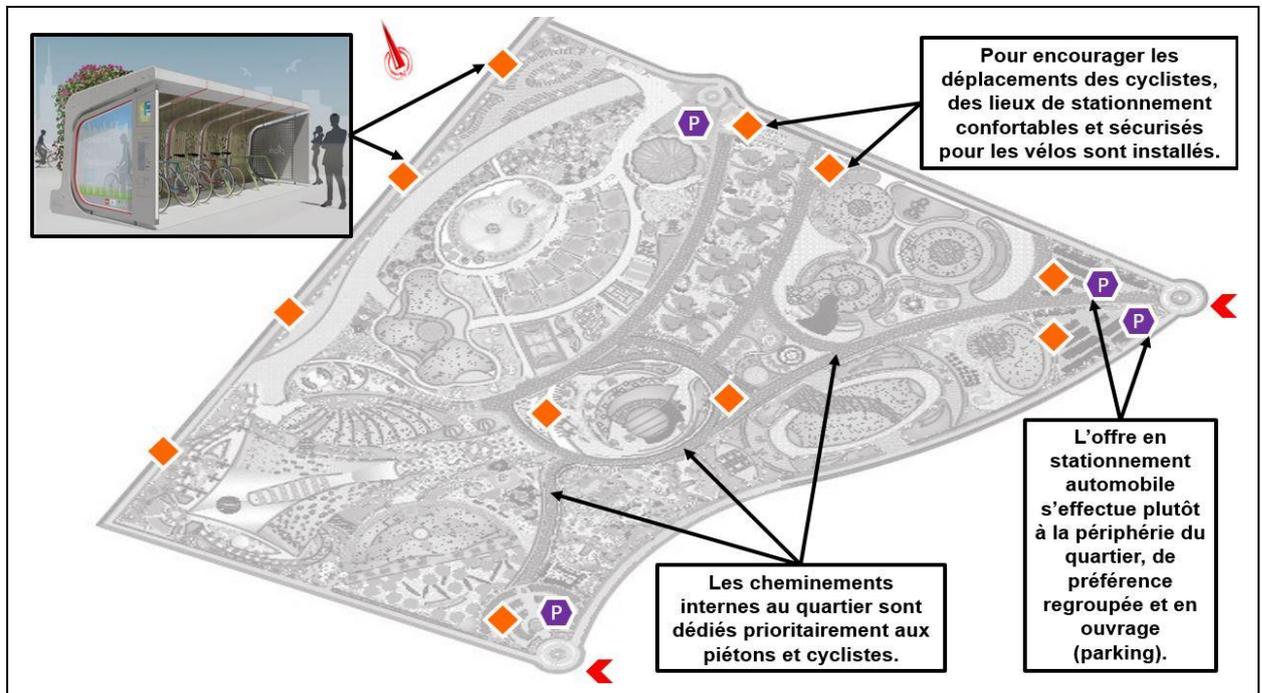


Figure 127 : Principe de la mobilité de l'éco-quartier ; Source : Auteurs.

III.2. Gestion des eaux :

III.2.1. Gestion de l'eau de pluie :

❖ Préserver cette ressource par le biais :
de l'infiltration ; toutes les eaux de pluies sont infiltrées sur l'éco quartier, depuis la toiture des bâtiments jusqu'au sous-sol. Les places de stationnement, les placettes pavées, les toitures végétalisées et les jardins recueillent les eaux pluviales ;

❖ Un réseau de noues qui forme une trame bleue :
Un réseau de noues et de bassins créé sur l'ensemble du quartier permet d'infiltrer le reste des eaux de pluie. Il longe les voiries et s'étend jusqu'aux différents parcs. Les noues sont parfaitement intégrées au paysage et présentes dans l'ensemble de l'éco quartier ; (Fig.128).

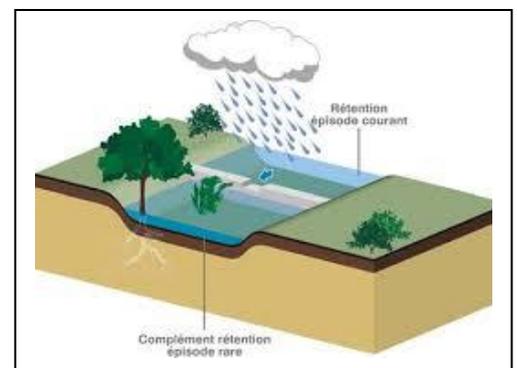


Figure 128 : Noue Urbaine ;
Source : Site web : Guide Bâtiment Durable.

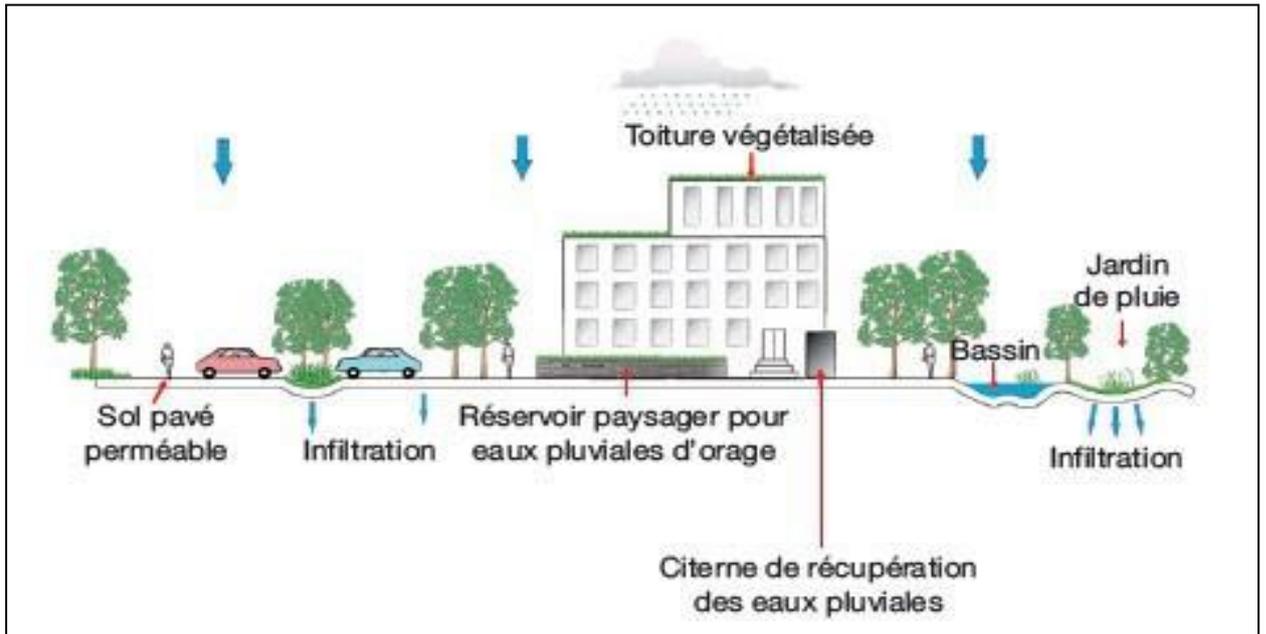


Figure 129 : Exemple de dispositifs de gestion des eaux pluviales en milieu urbain ; **Source :** wikhydro.developpement-durable.gouv

II.2.2. Gestion des eaux usées :

- ❖ Un réseau séparatif permettant de gérer de manière différenciée les différents flux : eau de pluie, eaux grises, eaux noires, etc.
- ❖ **Le lagunage des eaux usées :**

Le lagunage des eaux usées fait partie des installations d'assainissement écologique .Le lagunage est une technique d'épuration par microphyte : plantes de petites tailles, algues, etc. Les eaux usées sont envoyées dans des bassins successifs appelés lagune, dans lesquels elles sont traitées par des bactéries générées par des algues, phytoplanctons et plantes aquatiques ; (Fig.130).

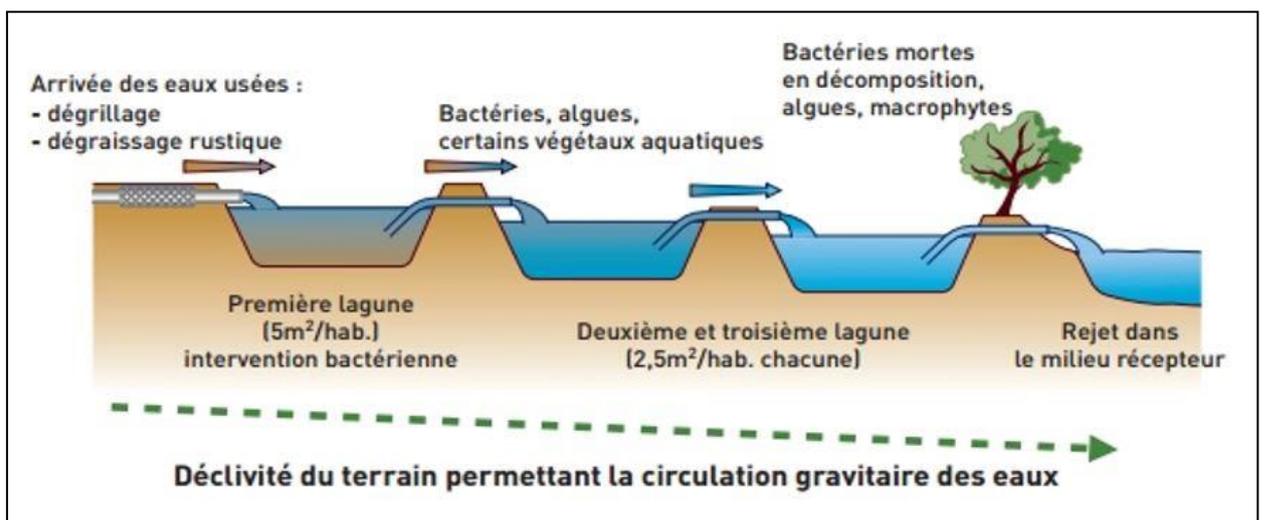


Figure 130 : Mode de traitement des eaux usées par le lagunage ; **Source :**

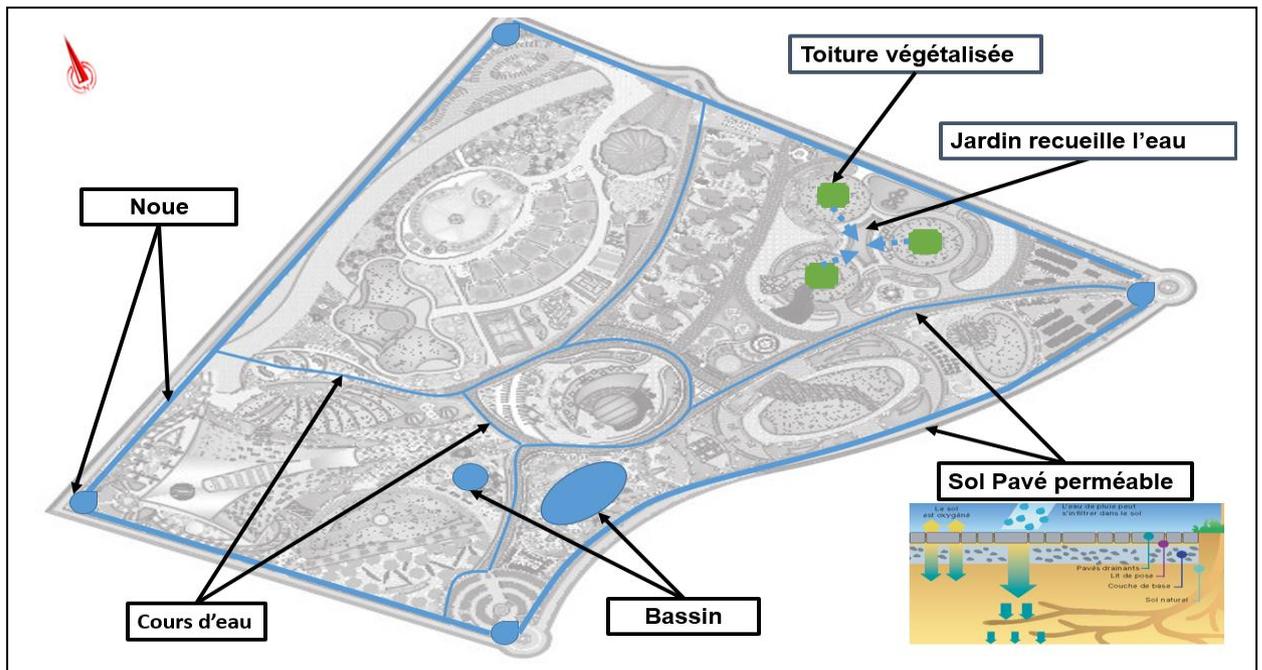


Figure 131 : Principe de la gestion de l'eau de l'éco-quartier ; Source : Auteurs.

III.3. Gestion des déchets :

- ❖ La collecte pneumatique élimine la circulation de bennes de ramassage des déchets ; (Fig.132).

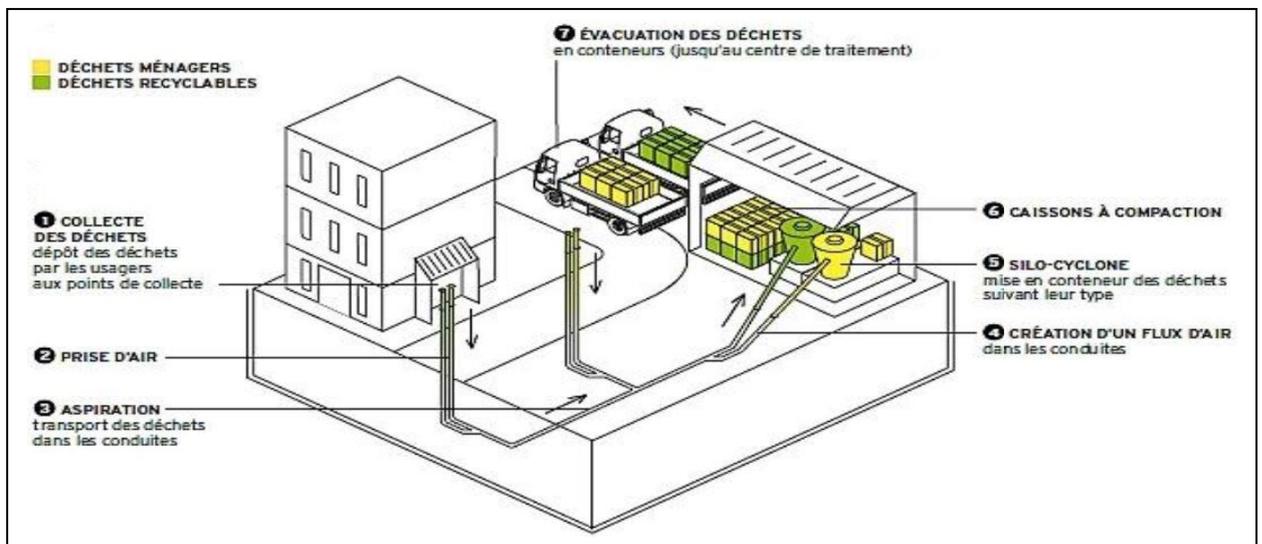


Figure 132 : Le fonctionnement de la collecte de déchets , Source ; Site web : construction21.org

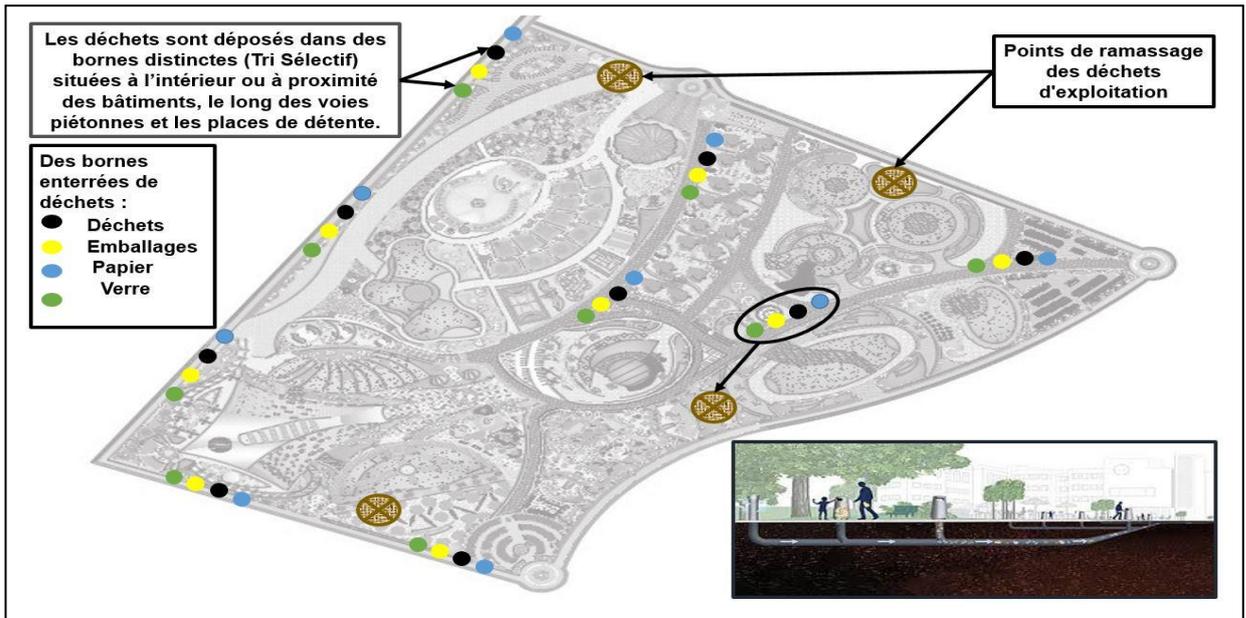


Figure 133 : La collecte de dechet de l'éco-quartier ; **Source** : Auteurs.

III.4. Gestion des énergies renouvelables :

- ❖ Le quartier produit de l'électricité d'origine solaire grâce aux panneaux photovoltaïques intégrés aux toitures les mieux exposées et aux façades Sud, sur des lampadaires ; des ombrières pour parking photovoltaïques.

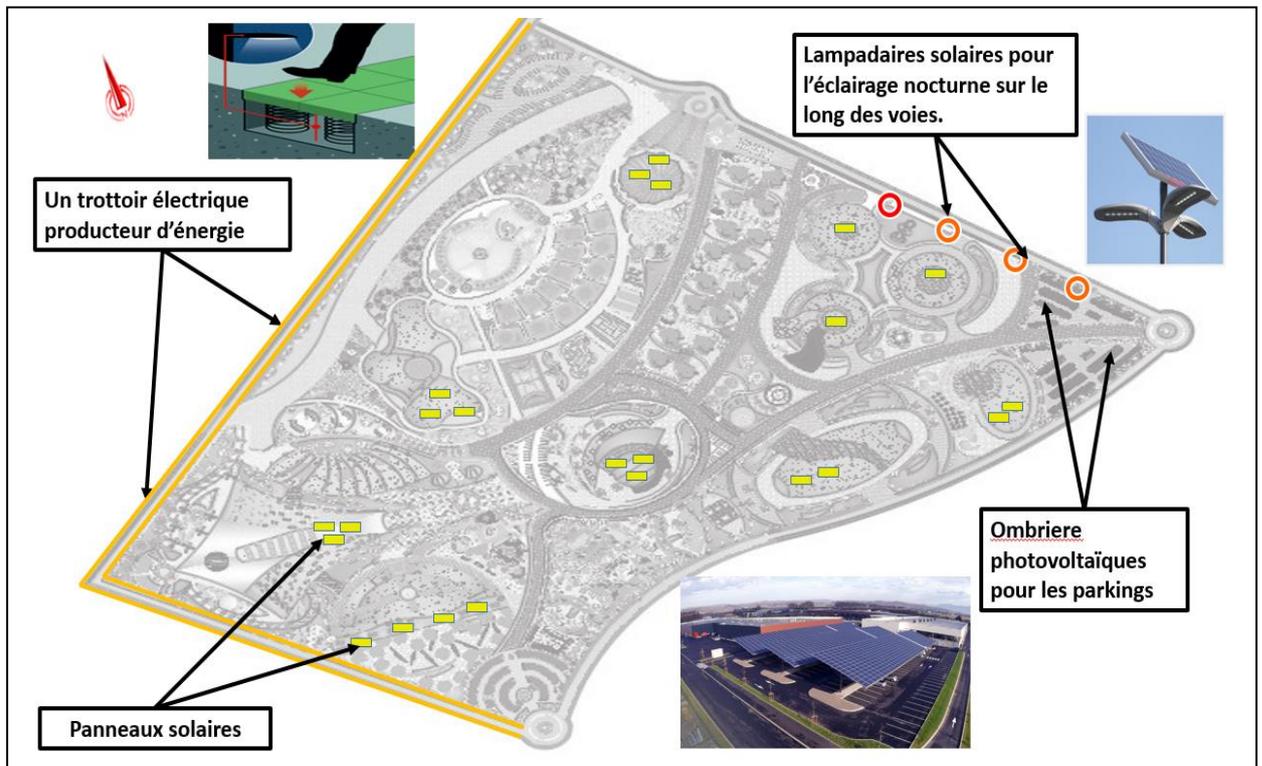


Figure 134 : Gestion des énergies renouvelables ; **Source** : Auteurs.

III.5. La végétalisation :

Les végétaux font partie des stratégies développées au niveau de notre éco-quartier pour atténuer les températures, piéger les polluants de l'air et améliorer la santé des occupants ;

- ❖ La diversité et la disposition des arbres dans notre éco-quartier afin de profiter de leur ombre et réduire la quantité d'énergie solaire reçue par les bâtiments ;
- ❖ Effet brise-vent des arbres implantés au Nord-Est et Nord-Ouest de l'éco-quartier ;
- ❖ Toitures et mur végétaux : rafraîchissement de l'air environnant (sur les toits et dans la rue).

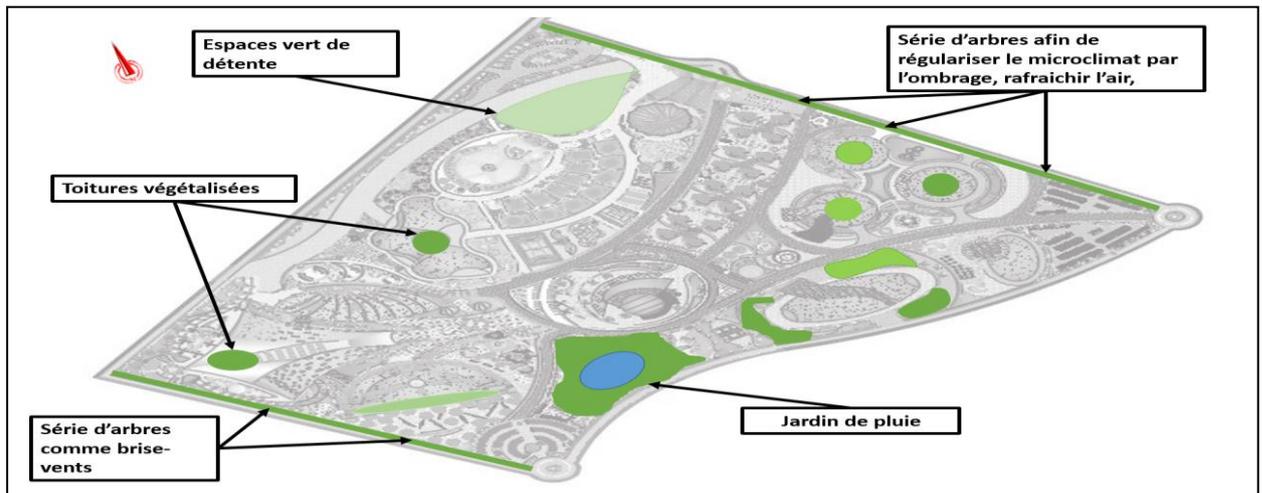


Figure 135 : Partage des espaces verts dans l'éco-quartiers ; **Source** : Auteurs.

Partie 2 : L'ECHELLE ARCHITECTURALE

Introduction :

« Un projet avant d'être un dessin est un processus c'est-à-dire, un travail de réflexion basé sur la recherche des réponses d'un ensemble de contraintes liées à l'urbanisme, au site, au programme, et au thème, ce qui veut dire qu'il est difficile de dissocier le processus de création future et la phase de programmation car l'ensemble constitue l'acte de créer. » Richard Meier

II-1-Présentation de la parcelle du projet architectural :

Notre parcelle occupe la partie Nord-Ouest de l'éco quartier (Fig.135) ; délimitée :

- ❖ au Nord, par la mer ;
- ❖ à l'Est par le village touristique ;
- ❖ au Sud-Ouest par le parking et l'aire de détente ;
- ❖ à l'Ouest par un terrain vierge.

Une forme irrégulière et une superficie de 7 Ha.

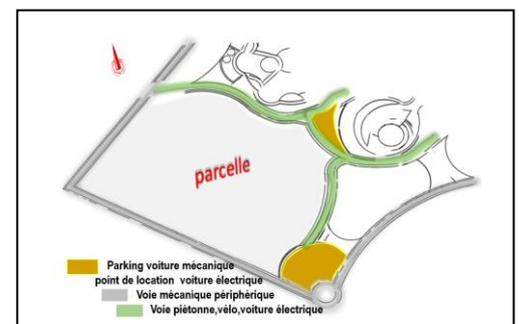


Figure 136 : La parcelle d'intervention ; **Source** : Auteurs.

II-2-Présentation du bâtiment :

A 300 mètres de la plage de la ZET Ouest de Zéralda se trouve notre Centre Océanographique, Il assure la médiation entre les acteurs scientifiques et étudiants d'une part, et le grand public d'autre part. Les espaces sont variés : laboratoires, jardin aquatique, bassins d'eau de mer et aquariums...etc. Il s'agit d'une imposante structure fluide qui s'adapte à son environnement aquatique naturel et permet aux visiteurs et aux scientifiques d'avoir un lien visuel direct à l'extérieur. En accord avec la nature de l'océan universel, le projet est destiné à être entièrement d'efficacité énergétique.

Notre « Centre Océanographique » est un produit touristique balnéaire qui s'inscrit dans sa dimension scientifique, culturelle et durable.

II-3-Justification du choix du type de bâtiment :

Notre choix s'est porté sur ce type de bâtiment selon les critères qui suit :

II.3.1. Critères liés à la fonction :

- ❖ On a opté pour un Centre Océanographique par son contexte géographique car il occupe une partie de la ZET, une situation stratégique au bord de mer ;
- ❖ Il figure parmi les futurs équipements à être projetés selon les orientations du POS dans la ZET Ouest de Zéralda ;
- ❖ Le manque constaté d'équipements touristiques de ce genre en Algérie et particulièrement à Zéralda une des communes de la wilaya d'Alger.

II.3.2. Critères liés à la forme :

- ❖ D'après notre analyse bioclimatique qui a été faite auparavant, parmi les recommandations tirées : une forme compacte car le site est très ensoleillé afin de réduire les façades exposées au soleil (éviter la surchauffe) et une forme aérodynamique pour de se protéger des vents maritimes dominants ;
- ❖ Une forme fluide comme rappel du milieu marin, on s'est inspiré de la Raie qui est un poisson mystérieux et fantastique.

II.4. La genèse de la forme :

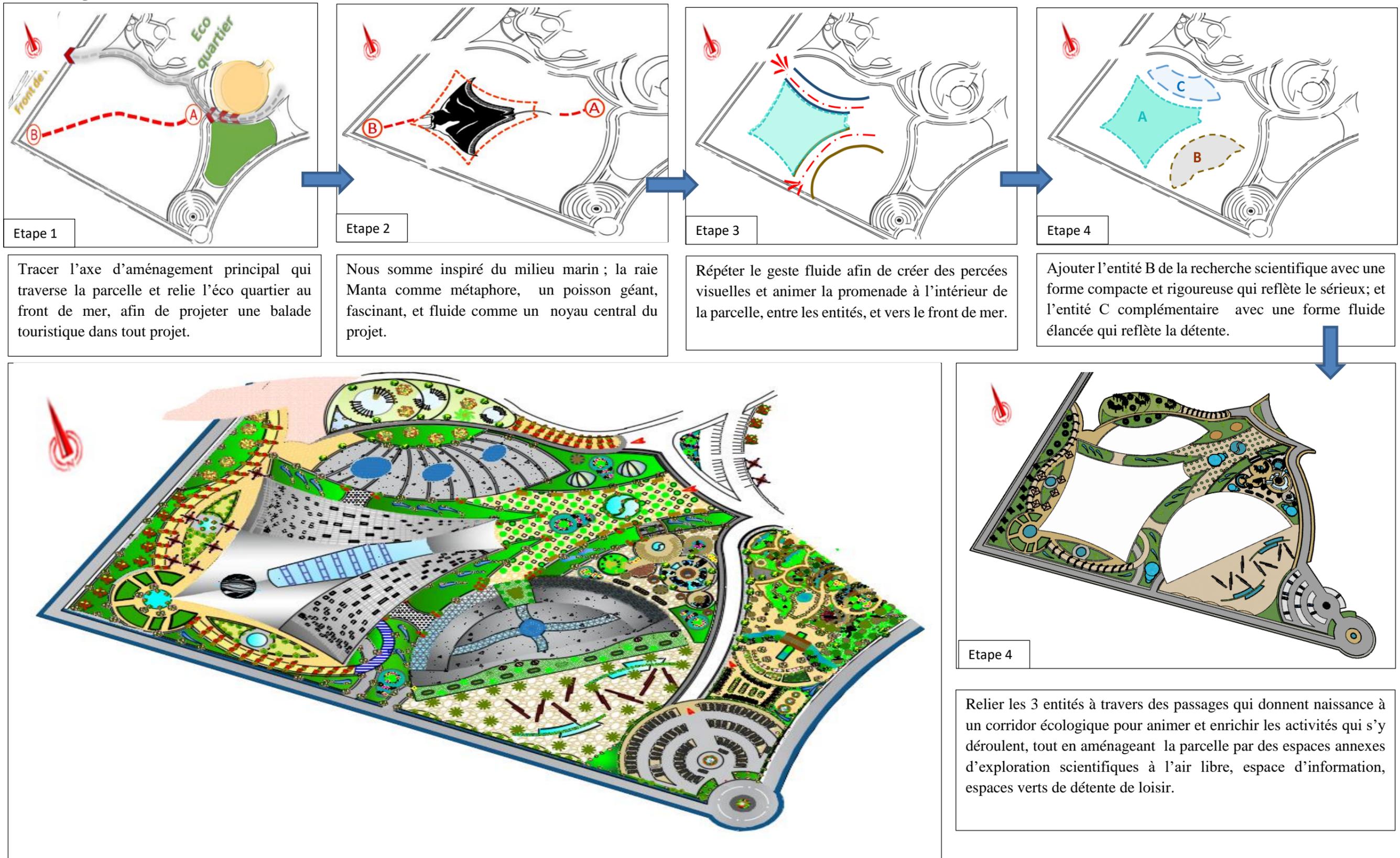


Figure 137 : Plan d'aménagement du centre océanographique ; Source : Auteurs

II.5. Principes de la conception :

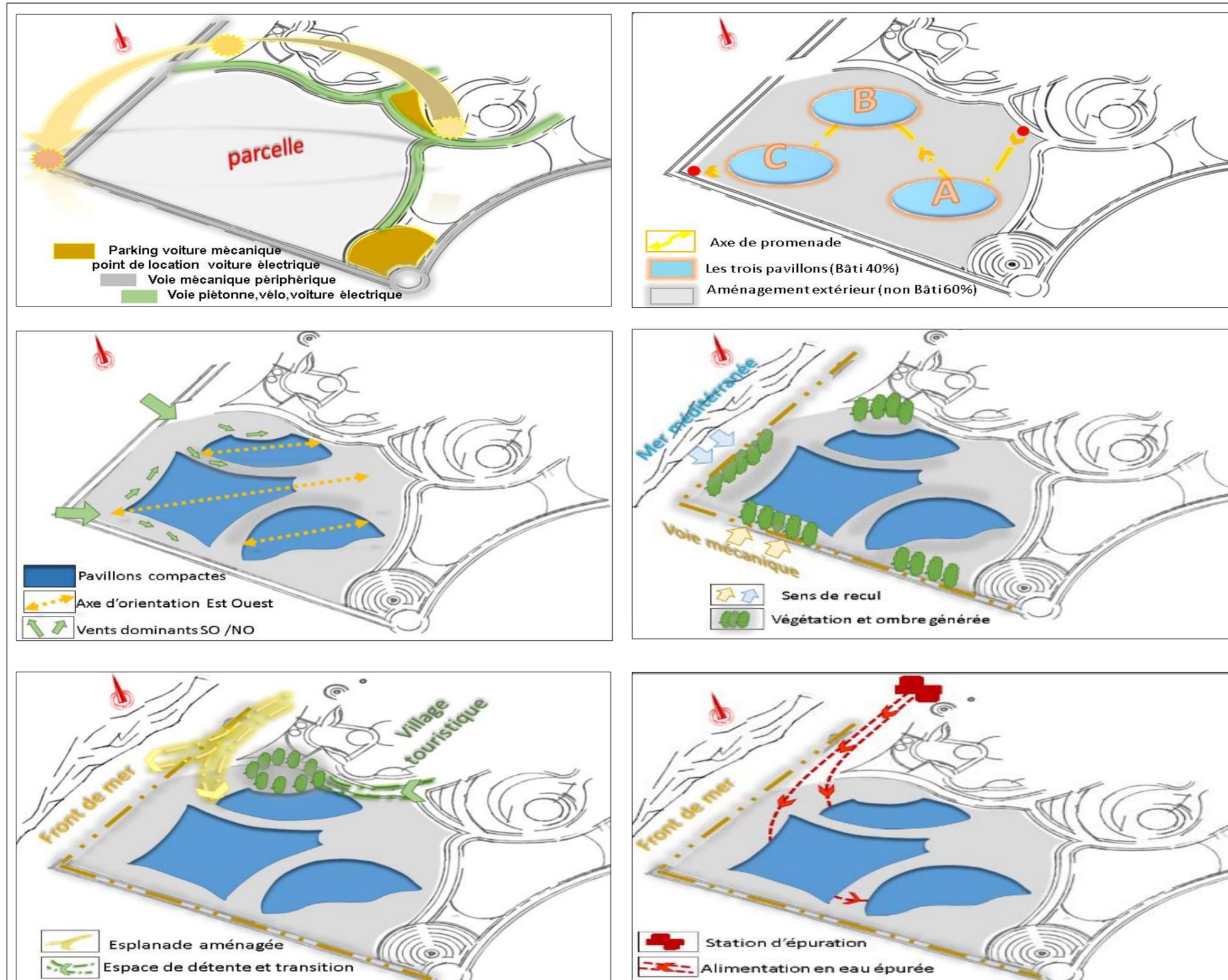


Figure 138 : les principes bioclimatique intégrés au projet ; Source : Auteurs.

1- Le terrain est bien défini, l'emprise au sol des ouvrages est respecté, ainsi que leur orientation adéquates par rapport à la course du soleil, et une accessibilité facile par l'extérieur et l'intérieur de l'ecoquartier est assurée, à travers des pistes cyclables et voitures électriques.

2- Implanter le bâtiment dans une zone à bonne potentialité de vent, Les zones de recul par rapport à la mer 300m et les sources sonores 15 m des voies mécaniques sont renforcées par la végétation qui augmente le confort acoustique à l'intérieur de bâtiment.

3- - Renforcer la connexion d'une part entre la ville et le front de mer avec un aménagement du parvis du biodiversarium et cheminement scientifique, et entre les équipements touristiques projetés, et d'autre part à travers une esplanade permettra d'améliorer la qualité de l'accueil et créera une nouvelle identité nautique redynamisant le site.

Alimenter le centre océanographique par la station d'épuration qui existe à proximité du site.

Implanter les 3entités de telle façon à assurer une bonne gestion de déchets avec des points de collecte abrités et faciles à y accéder.

II-6-Les principes bioclimatiques intégrés au projet :

La prise en considération de toutes les recommandations tirées de l'analyse bioclimatique qui a été faite au préalable est obligatoire afin de réaliser un projet performant.

II-6-1-Les principes liés à l'enveloppe :

- ❖ Une forme compacte pour les trois bâtiments, afin de diminuer les déperditions thermiques des surfaces exposées au soleil ;
- ❖ Un mur rideau qui est considéré comme une véritable enveloppe intelligente, nécessitant peu d'entretien et permettant plusieurs choix architecturaux, il entoure le bâtiment comme un rideau, sans pour autant renforcer la stabilité de ce dernier. Cependant, en plus de son côté esthétique remarquable, il possède plusieurs propriétés : c'est un très bon isolant, il est résistant au feu, au vent violent, aux explosions ainsi qu'aux agents chimiques. Grace à sa finesse et sa légèreté (au moins 20 % plus léger qu'une construction traditionnelle), il est aussi économique ;
- ❖ Une isolation thermique de qualité a été mise en place : vitrages à isolation renforcée, parois isolantes, toiture végétalisée. Les doubles vitrages sont constitués de deux vitrages à basse émissivité séparés par une lame d'argon qui permettent une bonne isolation thermique des espaces tout en diminuant les besoins en chauffage ;
- ❖ Un toit végétalisé installé sur une partie des locaux filtre biologiquement les eaux de pluie. Il limite les rejets pluviaux dans les réseaux, renforce l'isolation thermique des locaux et contribue à préserver la biodiversité en milieu urbain.
- ❖ Afin de favoriser la ventilation naturelle, on a opté pour le Moucharabieh :
C'est un dispositif de ventilation naturelle forcée. La réduction de la surface produite par le maillage du moucharabieh accélère le passage du vent ;(Fig.140).

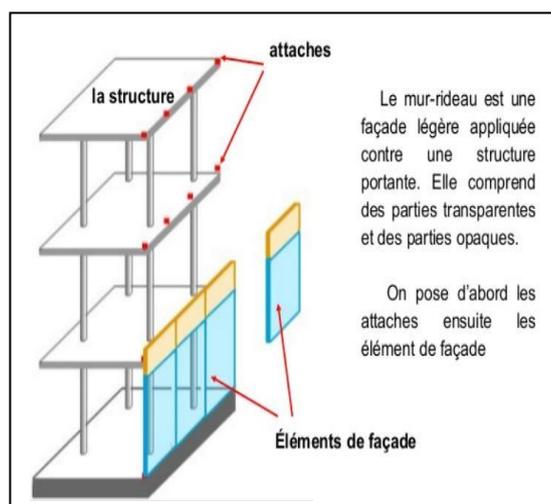


Figure 139 : Le principe du mur rideau ; **Source :** Slidshar.net



Figure 140 : Moucharabieh ; **Source :** i.pinimg.com

- ❖ Une climatisation passive en intégrant les Matériaux à Changement de Phase (MCP) dans les parois de nos trois bâtiments, car les matériaux à changement de phase (MCP) ont la capacité de stocker de la chaleur avant de la restituer. En période de surchauffe, le MCP fond et la chaleur est emmagasinée. Lorsque le bâtiment se refroidit, le MCP se solidifie et l'énergie stockée est restituée. Ce nouveau matériau donne donc la possibilité d'accroître l'inertie thermique et de réduire les besoins en climatisation. Une solution écologique et économique ; (Fig.141).

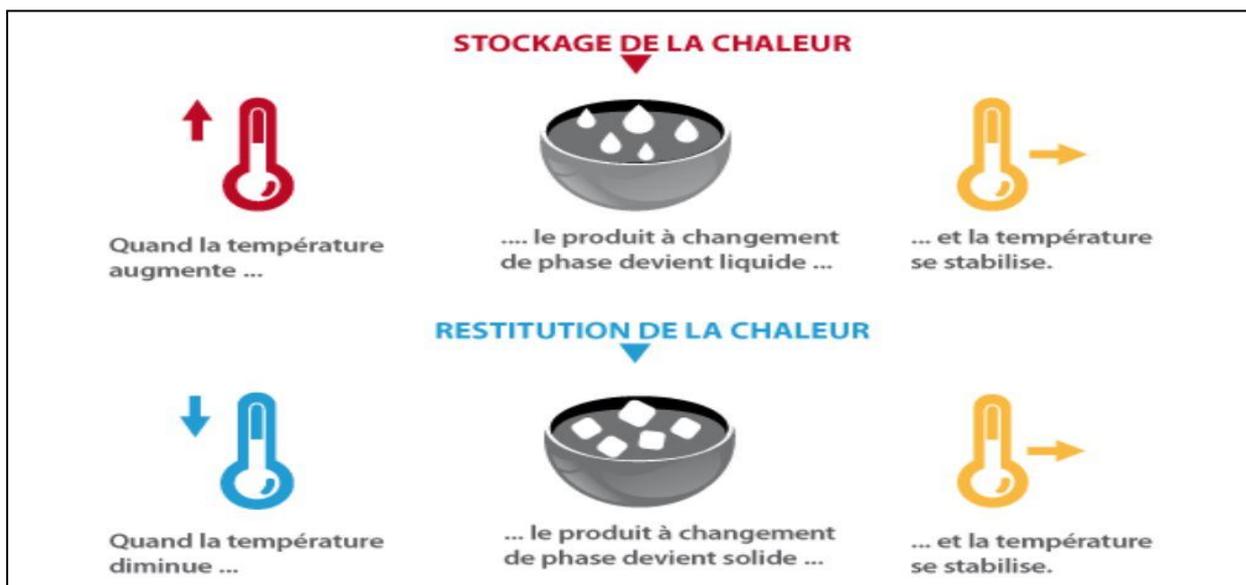


Figure 141 : Principes des matériaux à changement de phase ; **Source** : Site web ; winco-tech

II-6-2-Les principes liés aux énergies renouvelables :

- ❖ Des **panneaux photovoltaïques** ont été posés sur le toit des deux bâtiments (Bâtiment A et bâtiment C) pour produire de l'électricité et une ombrière de parking photovoltaïque ; (Fig.142).
- ❖ De plus, des **panneaux solaires thermiques** chauffent l'eau chaude sanitaire, ce qui économise de l'électricité ;
- ❖ Des éoliennes à taille moyenne implantées au dernier étage du bâtiment A produisant de l'électricité.

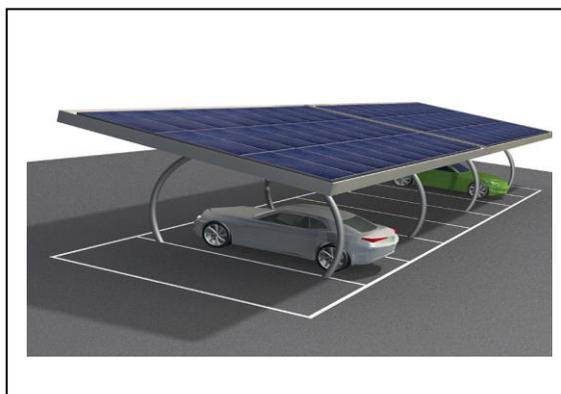


Figure 142 : Ombrière photovoltaïque ; **Source** : Sit Web :Energie Plus

❖ **Un pavé générateur d'énergie :** Les dalles urbaines génératrices d'énergie, conçues par Kemball-Cook, se basent sur le principe de la piézoélectricité, qui permet de capter l'énergie cinétique des corps en mouvement. Les dalles énergétiques captent donc l'énergie cinétique issue de chaque pression du pied des passants et la convertissent en électricité renouvelable qui peut être stockée. Chaque pas produisant entre 4 et 7 watts, selon le poids du passant, il faut compter environ 10 dalles pour accumuler l'énergie nécessaire à éclairer un lampadaire toute une nuit ;

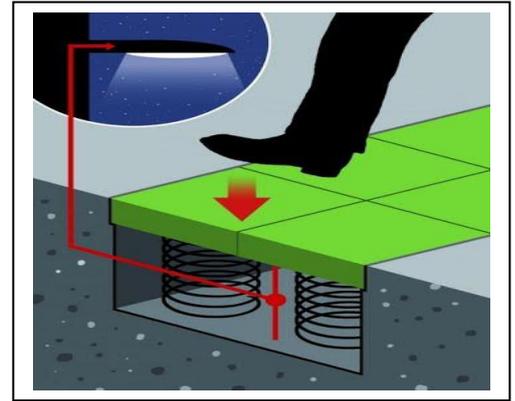


Figure 143 : Pavé générateur d'énergie ; **Source :** Energie Plus

II.7.Fonctionnement :

Le fonctionnement de notre Centre Océanographique s'effectue selon trois fonctions principales, ces dernières ont été réparties sur trois bâtiments distincts reliés entre eux par un corridor écologique considéré comme une enceinte, afin de préserver la continuité fonctionnelle spatiale et visuelle à l'ensemble du projet ; (Fig.144).

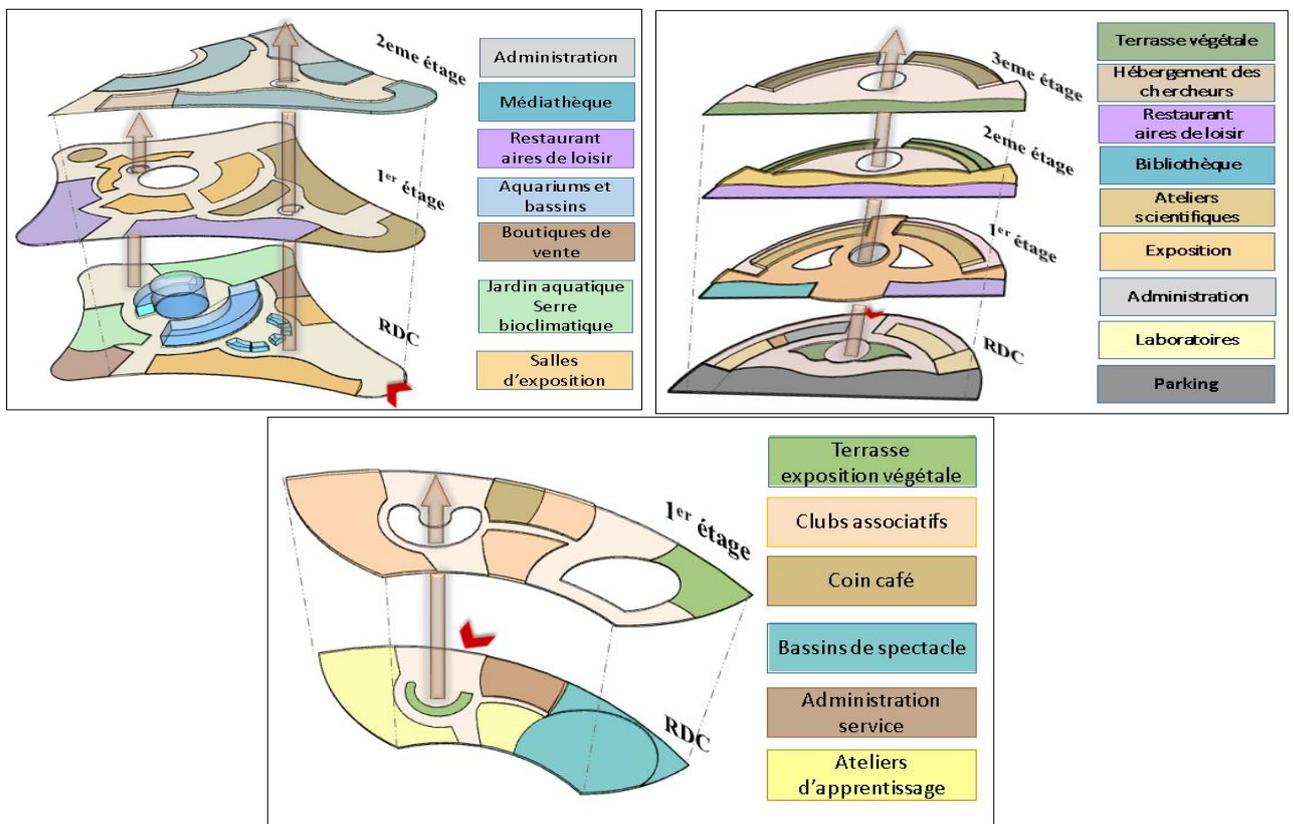


Figure 144 : Fonctionnement du Centre Océanographique ; **Source :** Auteurs.

La filtration de l'eau des bassins (jardins aquatiques) et des aquariums :

1. Bassin :

La filtration et l'aération de l'eau du bassin :

Pompe, filtre et jet d'eau sont indispensables au bon équilibre du bassin : une lampe UV stérilise l'eau et la clarifie, le filtre et ses bactéries nettoient l'eau de ses impuretés, un jet d'eau aère l'eau, l'oxygène. Ce qui donne une eau équilibrée et claire, des poissons et des plantes en bonne santé ; (Fig.145).



Figure 145 : Schéma de principe du fonctionnement d'un bassin; Source : Site Web ; naturbassin

Les plantes aquatiques :

Les plantes ayant une bonne croissance absorbent les nutriments de l'eau et libère de l'oxygène. Elles gardent le bassin clair et sain. Plus une plante aquatique pousse bien, plus elle absorbe de nutriments de l'eau. Et pour le fonctionnement biologique du bassin, c'est primordial ! Autrement les algues prolifèrent, les algues filamenteuses, les algues flottantes, les algues visqueuses et les algues bleues. Et trop d'algues freinent la croissance des plantes aquatiques ; (Fig.146).

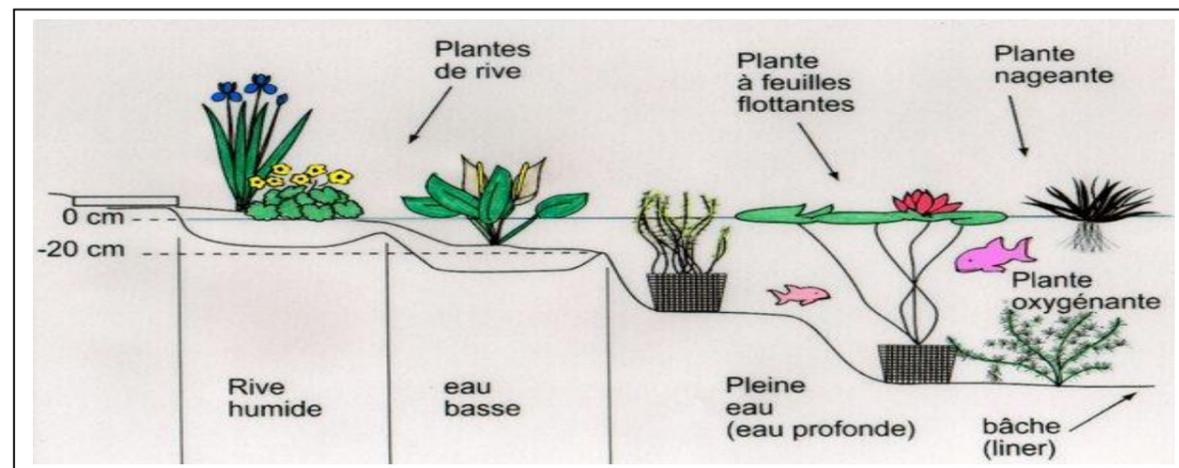


Figure 146 : Les plantes aquatiques et leurs milieux ; Source : Site Web ; Aquatique de la Moine

2. Aquarium :

La filtration de l'eau de l'aquarium :

Pompe, filtre et jet d'eau sont indispensables au bon équilibre du bassin : une lampe UV stérilise l'eau et la clarifie, le filtre et ses bactéries nettoient l'eau de ses impuretés, un jet d'eau aère l'eau, l'oxygène. Ce qui donne une eau équilibrée et claire, des poissons et des plantes en bonne santé ; (Fig.147).



Figure 147 : Système de filtration de l'eau de l'aquarium ; Source : Site Web ; AQUABASES,2006

Les plantes aquatiques :

Les plantes aquatiques offrent de nombreux avantages à l'environnement d'un aquarium. Elles procurent entre autres aux poissons et aux invertébrés un refuge naturel dans lequel ils se sentent en sécurité. Pendant leur croissance, les plantes génèrent de l'oxygène par le biais d'un processus appelé « photosynthèse ». Les plantes transforment la lumière et le dioxyde de carbone en oxygène, soit un élément essentiel à tout organisme vivant dans un aquarium, y compris les bactéries bénéfiques filtrantes. Des niveaux élevés d'oxygène contribuent à avoir des poissons actifs qui sont résistants aux maladies ; (Fig.148).

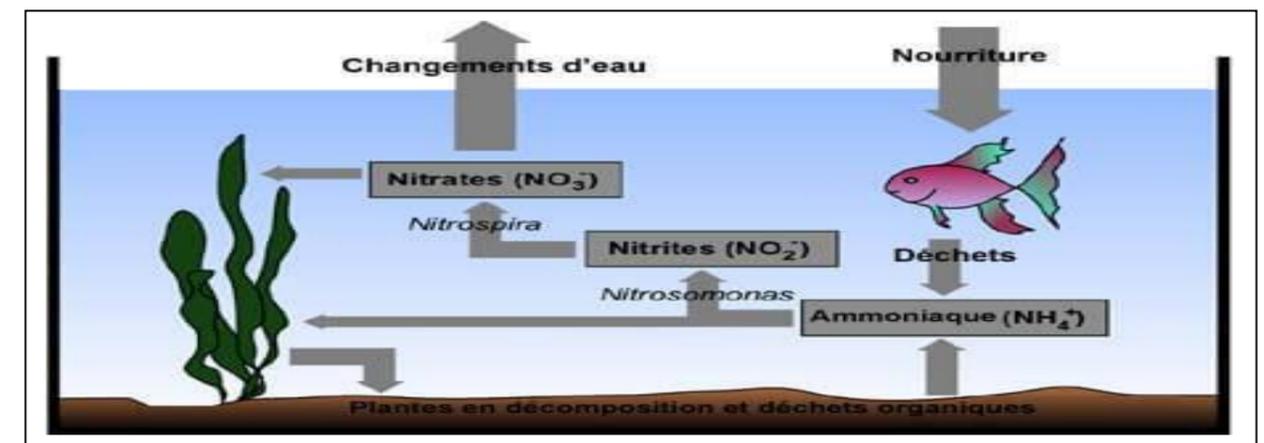


Figure 148 : Le cycle d'azote de l'aquarium ; Source : Site web ; Aquatique de la moine .

II.8. Système structurel :

Le choix du système de structure à utiliser est tout aussi important que les autres phases ou parties de la construction. Le type de structure choisi doit être compatible avec la nature, la forme, le côté économique, la destination et les conditions de la construction.

Nous avons adopté des trames structurelles en fonction des besoins spécifiques aux différentes parties de notre projet. Le Centre Océanographique que nous projetons demande un maximum de dégagement et d'espace libre, d'une totale flexibilité dans l'aménagement que ce soit dans sa partie publique que celle du privé, d'où le choix qui est celui d'opter pour une structure mixte (structure métallique renforcée en béton) car la forme sera fluide, (Tab.32 ; p 128).

II.9. Système constructif :

On a choisi le béton et l'acier comme matériaux de construction dans notre projet ; (Tab.33).

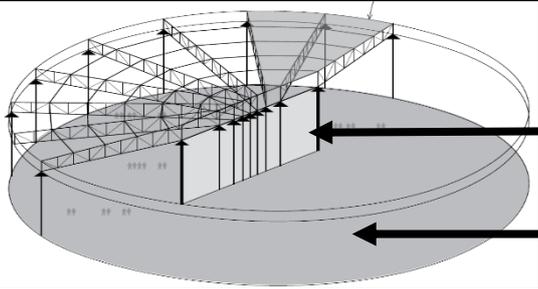
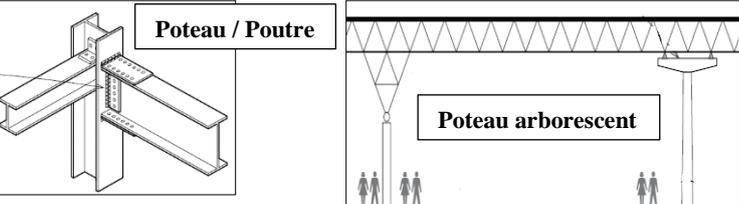
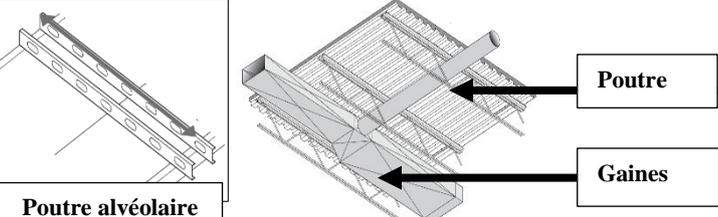
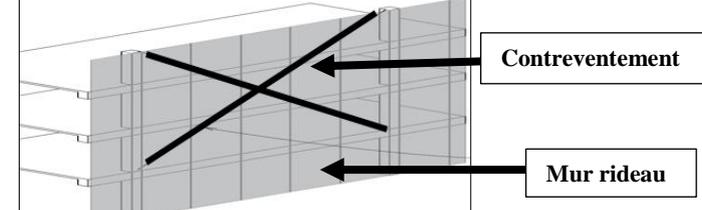
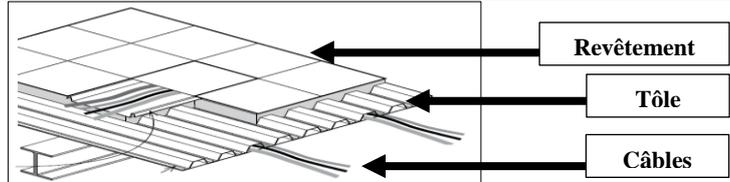
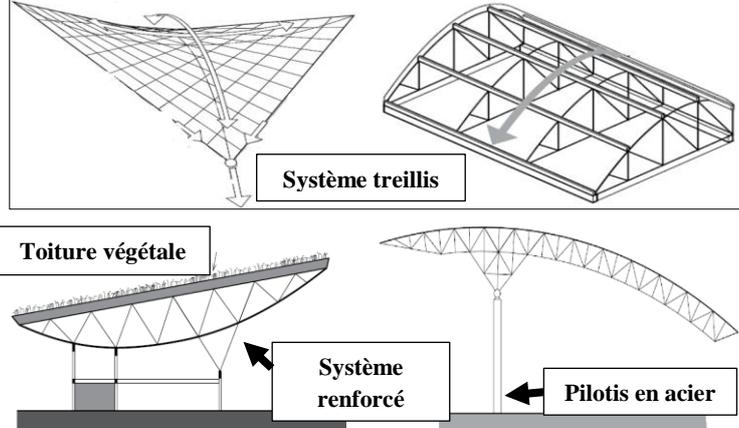
Tableau 33 : Les avantages du béton et de l'acier dans la construction ; **Source :** Auteurs.

Le béton	L'acier
plus faible empreinte carbone sur le cycle de vie d'une structure ou d'un pavage	l'acier est un matériau naturel
résistance, durabilité, longévité et résilience sans égal	processus de fabrication efficace
efficacité énergétique maximisée grâce à sa masse thermique	L'acier fait gagner du temps : rapidité d'exécution
durabilité dans tout environnement	travaux plus surs et plus forts
un matériau de construction qui ne brûle pas, ne rouille pas ou ne pourrit pas sûreté et sécurité	Sécurité antisismique
versatilité —il peut être moulé sous toutes formes, couleurs et motifs imaginables n'émet pas de gaz	longévité garantie
excellente isolation aux vibrations et aux sons	l'acier comme économie d'énergie
faibles coûts d'entretien	liberté architecturale
100% recyclable; de plus, les matériaux nécessaires pour fabriquer le béton sont abondants dans presque toutes les régions de la planète	L'acier est flexible et s'adapte à de nouveaux besoins
	100 % recyclable sans perdre ses qualités

Tableau 34w< : Le système constructif utilisé ; **Source :** Auteurs.

Système constructif porteur	Paroi associée	
	Murs	Planchers
Poteau /poutre	Acier et isolant, façade légère, panneau, façade rideau, bardage industrialisé	Poutre acier et bacs acier collaborant + dalle de compression en béton
Mur /plancher	Murs porteurs à ossature acier contreventée	bacs acier collaborant + dalle de compression en béton

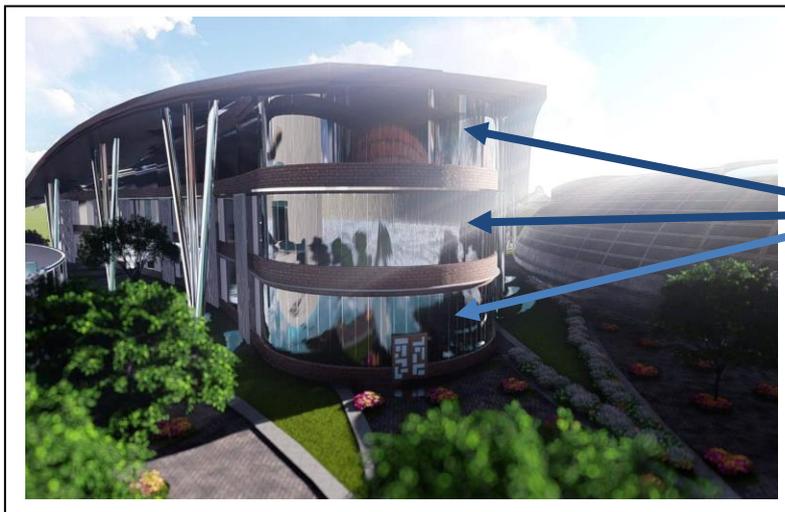
Tableau 32 : Les éléments structurels appliqués dans le projet ; **Source :** Auteurs.

Description	Schémas descriptif
<p>Fondation et mur de soutènement</p> <ul style="list-style-type: none"> • Semelles filantes sous murs droits ou courbes au niveau de joint de dilatation ; • Un radier général en béton armé sur terre-plein supérieur à 30 cm. Avec des bèches en périphérie et sous les refends pour renforcer l'assise ; • Un voile central étanche en béton armé attaché à la structure portante. 	 <p>Voile</p> <p>Radier</p>
<p>Poteaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les profilés en I et H: Construire avec de grandes portée 12 à 18 m ; • Poteau caisson arborescent. 	 <p>Poteau / Poutre</p> <p>Poteau arborescent</p>
<p>Poutres</p> <ul style="list-style-type: none"> • La poutre reconstituée soudée (PRS) : les profilés en I ; • La poutrelle alvéolaire ou ajourée : dont l'âme est découpée en cercle ou hexagones afin de laisser passer les gaines et les câbles. 	 <p>Poutre</p> <p>Gaines</p> <p>Poutre alvéolaire</p>
<p>Contreventements</p> <ul style="list-style-type: none"> • La triangulation intérieure du panneau par des barres obliques libérant zones de passage ou d'éclairage 	 <p>Contreventement</p> <p>Mur rideau</p>
<p>Plancher</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dalle mixte (tole profilée + béton) 	 <p>Revêtement</p> <p>Tôle</p> <p>Câbles</p>
<p>Toiture</p> <ul style="list-style-type: none"> • La structure suspendue ; • Le système de charpente en métal ; • Système de renforcement : afin de supporter les charges permanentes et d'exploitation sur la toiture (cas de piscine ou terrasse accessible, etc.) 	 <p>Système treillis</p> <p>Toiture végétale</p> <p>Système renforcé</p> <p>Pilotis en acier</p>

10-Traitement des façades :

Notre Centre Océanographique s'agit d'une imposante structure fluide qui s'adapte à son environnement aquatique naturel et permet aux visiteurs et aux chercheurs d'avoir un lien visuel direct à l'extérieur, tout en assurant l'harmonie et la cohérence visuelle entre les différents espaces que possède le Centre Océanographique et jouant sur le concept de la transparence et l'opacité nous avons opté pour :

- ❖ Une Façade-rideau autrement dit un mur rideau, ce dernier est considéré comme étant un revêtement mural continu (pouvant inclure un fenêtrage et des parties opaques) suspendu à distance de l'extrémité de la structure de plancher principale.
- ❖ Des parties du mur rideau sont traitées par le MOUCHARABIEH, considéré comme un élément architectural démontrant l'origine et le caractère de l'édifice.
- ❖ Une façade active autrement dit un mur végétal équipé de panneaux photovoltaïques.



**Mur rideau en
panneaux et en verre**

Figure 149 : Façade-rideau ; **Source** : Auteurs.



Moucharabieh

Figure 150 : Mur rideau traité par le moucharabieh ; **Source** : Auteurs.

Partie 3 : L'ECHELLE SPECIFIQUE

I. SIMULATION NUMERIQUE DU PROCEDE :

I.1. Etude de cas :

Un musée, un atelier de travail, ou un laboratoire de recherche est évidemment un édifice où la question de l'éclairage et de l'ambiance lumineuse est une question centrale, puisque la lumière doit être propice à l'observation et à la conservation des œuvres.

Donc un éclairage brillant avec un bon rendu des couleurs permet aux matériaux et aux surfaces de qualité de s'exprimer pleinement.

I.1.1.Problématique :

En confort lumineux, l'objectif premier est de privilégier l'ouverture des espaces de travail vers la lumière naturelle tout en sachant que trop de lumière reçue à travers les façades est souvent synonyme d'éblouissement par ailleurs, un niveau d'éclairage insuffisant peut engendrer un problème de perception. Sur cette base, notre recherche vise à traiter ce dispositif de captage de lumière naturelle afin de pouvoir modéliser le bon cas ou le meilleur pour assurer la sensation du confort visuel chez le perceuteur.

- 1- Comment peut-on arriver à un éclairage optimal pour un meilleur confort visuel dans un local à travers les ouvertures et éviter tout type de problème de vision ?
- 2- Comment peut-on arriver à une performance maximale d'éclairage des zones de premier rang proches d'ouvertures et second rang au fond du local dans selon la démarche HQE ?

I.1.2. Hypothèses :

- 1- La surface et les dimensions des ouvertures permettent d'assurer un niveau d'éclairage suffisant pour un confort visuel optimal en limitant le risque d'éblouissement et les zones d'ombre dans un local profond.
- 2/ l'éclairage obtenu à travers l'installation des ouvertures en toiture améliore l'homogénéité et l'uniformité d'éclairage dans les zones centrales et élimine les coins sombres ;

II. PREDETERMINATION DE L'ECLAIRAGE NATUREL :

II.1. Outil d'aide :

Pour estimer le confort visuel, il est important de prédéterminer correctement la pénétration de l'éclairage naturel à l'intérieur d'un bâtiment. Les simulations informatiques offrent cette possibilité d'évaluation dès la phase conception.

Nous nous sommes familiarisées avec le logiciel de simulation d'éclairage naturel et artificiel Dialux ; à partir de modélisation 3D sur SketchUp, on peut dresser des cartes qui représentent de répartition de la lumière dans le local.

Le but de ce logiciel est de donner aux architectes des informations utiles concernant l'utilisation de la lumière du jour dans un bâtiment dès la phase de l'avant –projet, il permet d'avoir une estimation quantitative du FLJ ainsi qu'un diagnostic qualitatif suivant une analyse experte.

II.2. Protocol de simulation :

II.2.1. Les données de base :

Le travail a été réalisé en observant le projet sous des angles et orientations différents, qui ont déterminés plusieurs objets d'étude, ce sont les espaces importants. Ce découpage de base a servi pour organiser le travail selon quatre phases:

- a) Définir les besoins en éclairage adaptés à l'usage des locaux :

A travers ces tableaux, on trouvera des normes à respecter afin de maximiser la quantité, la qualité, l'uniformité de la lumière naturelle et éviter les phénomènes tels que l'éblouissement (facteur UGH) afin d'assurer un meilleur confort visuel dans un espace défini.

Tableau 35 : Les niveaux d'éclairage recommandés selon la norme NBN L 13-006¹³ et quelques repères sur l'éclairage des musées à droite : Source : l'ICEB, modifié par auteures :

Local	Minl mal	Recomm enté	Idéal	UGR max	IRC min
Salle de classe Salle de conférence Bibliothèque Bureaux	300 lux	500 lux	750 lux	19	80
Bureaux (lecture et écriture continue) Zone de caisse	500 lux	750 lux	1000 lux	19	80
Magasins de vente	150 lux	300 lux	500 lux	22	80
Restaurant	150 lux	300 lux	500 lux	22	80
Magasins de vente	150 lux	300 lux	500 lux	22	80
Espace public Hall d'entrée	70 lux	100 lux	150 lux		
Salle de dessin industriel	500 lux	750 lux	1000 lux	19	80
parking	50 lux	75 lux	100 lux	25	40
Zone de circulation	50 lux	100 lux	150 lux	28	40

Œuvres sur papier	50 lux	Œuvres sur papier avec techniques de coloration, support dégradé, tirages photos ou diapositives.
	100 lux	Œuvres sur papier en noir et blanc seulement, photos en noir et blanc.
Peintures	50 lux	Peintures minces sur toile, aquarelles, gouaches, miniatures.
	150 - 200 lux	Huiles et tempera.
Objets	50 lux	Objets peints, surfaces polychrome, meubles tapissés, verts instables.
	200 lux	Objets en cuir et en bois.
	1000 - 2000 lux	Objets en matière inorganique sans surfaces peintes, comme la pierre, la céramique ou le métal.

¹³ NBN L 13-006 : éclairage naturel des bâtiments - Prédétermination de l'éclairage naturel pour des conditions de ciel couvert (méthode graphique approchée)

Tableau 36 : Pourcentage de FLJ recommandé selon la norme NF par la CIE et les niveaux de performance à atteindre, Source : Normes de l'ICEB, modifiée par auteures

Facteur de lumière du jour	Moins de 1%	de 1% à 2%	de 2% à 4%	de 4% à 7%	de 7% à 12%	Plus de 12%
	Très faible	Faible	Modéré	Moyen	Elevé	Très élevé
Zone considérée	Zone éloignée des fenêtres (distance supérieure à 3 fois la hauteur de la fenêtre)			Zone à proximité des fenêtres ou sous des lanternaux		
Impression de clarté	Sombre à peu éclairé		Peu éclairé à clair		Clair à très clair	
Remarques	Convient aux zones de circulation, stockage etc.		Convient aux locaux de travail		Attention aux éblouissements	
Impression visuelle	Cette zone		semble séparée		de cette zone	
Ambiance	Le local semble refermé sur lui-même				Le local s'ouvre vers l'extérieur	

Niveau base	Niveau performant	Niveau très performant
1 ^{er} rang : FLJ >1,2% pour S=80% des locaux	1 ^{er} rang : FLJ >2% pour S=80% + FLJ >1,5% pour S=20%	1 ^{er} rang : FLJ >2% pour S=80% + FLJ >1,5% pour S=20% 2 ^{ème} rang : FLJ 0,7% pour S= 90%

b) Déterminer le choix de dispositif ainsi que les propriétés physiques :

D'après l'analyse effectuée sur les dispositifs d'éclairage naturel (voir chapitre II partie 3) et l'analyse bioclimatique, on peut finalement faire ressortir le type des ouvertures convenables :

Tableau 37: Types d'ouvertures intégrés adaptés à l'orientation, à la fonction et à la tâche visuelle souhaitée ; Source : Auteures.

Espace	Orientation et fonction	Type d'ouverture intégré
Espace consommation, détente et service Salle d'exposition minérale	Nord, Nord-Est : lumière égale et rayonnement diffus toute l'année.	Vitrage latéral avec une surface de 20% de la surface totale des parois
Serre bioclimatique	Sud : un éclairage important et une lumière plus facile à contrôler	lumière latérale + protection avec lames inclinables ou auvent de toit
Jardin aquatique	Ouest : provoque des surchauffes en été, difficile à contrôler.	Des vitres à double vitrage haute performance
Hall de réception	Est : profite du soleil le matin	Des vitres à double vitrage haute performance + Protection solaire
Salon d'océanomania	Sud – Est : Une quantité de lumière très importante durant la journée, facile à contrôler.	Grandes ouvertures latérales avec une surface dépasse 60% de de la surface totale de la paroi.
Aquariums	Au centre du bâtiment	Eclairage zénithal par des lanternaux

c) Simuler l'éclairage E obtenu et améliorer la performance :

En utilisant le logiciel de simulation dialux, nous avons passé par les étapes suivantes :

- Vérifier les paramètres de configuration et les normes selon lesquelles notre opération sera effectuée.
- Faire introduire les coordonnées géographiques et l'orientation de bâtiment.
- Modéliser le bâtiment en 3D et délimiter les espaces destinés à la simulation.
- Intégrer les types et les dimensions des ouvertures et les brises solaires si nécessaire en s'appuyant sur les catalogues fournis par le logiciel.
- Lancer la simulation de l'éclairage intérieur des espaces destinés, tout en validant le type du soleil, le mois, le jour, et l'heure.
- Une fois l'analyse est terminée et les résultats apparaissent, un outil d'enregistrement de ces derniers sous forme d'un document pdf.

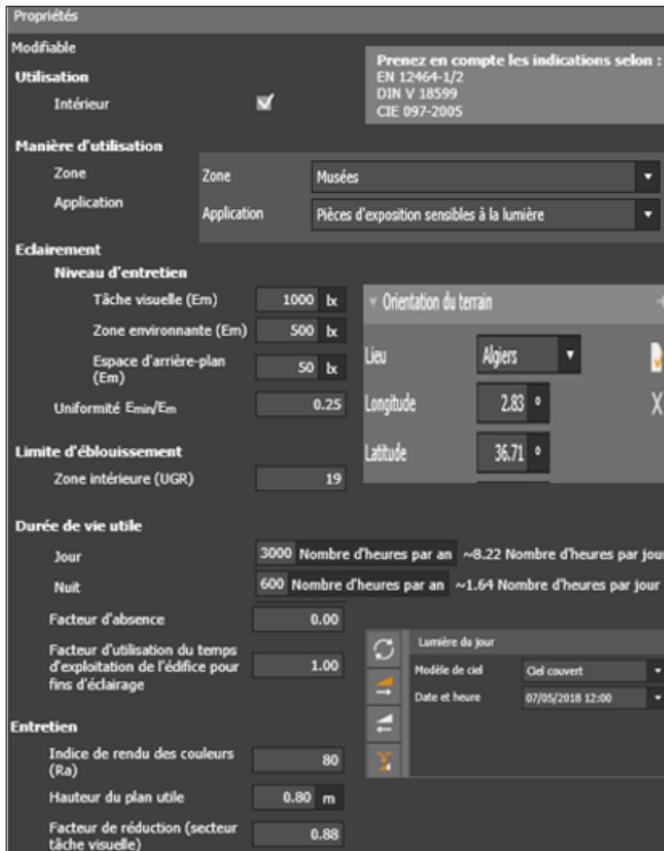


Figure 150 : Logiciel DIALUX : écran de contrôle et propriétés ; Source: interface de logiciel modifié par auteurs

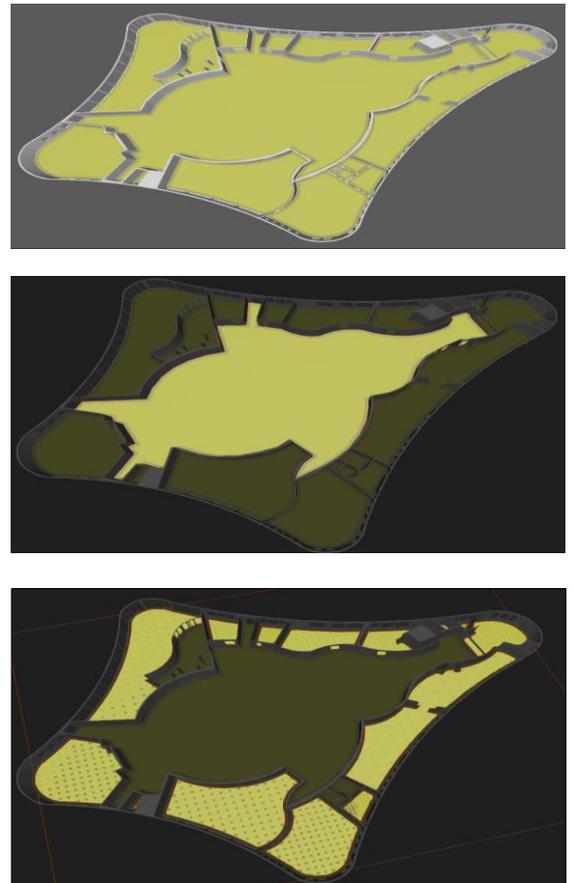


Figure151 : La modélisation de 3D et les espaces ; Source: interface de logiciel modifié par auteurs



Figure 152 : insertion des ouvertures
Source: Notice dialux evo

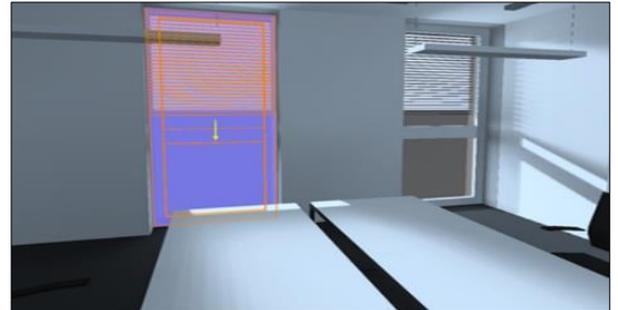


Figure 153 : insertion des brises solaires
Source: Notice dialux evo

Aperçu des résultats

Chercher

Plan utile 28	1265 lx	0.47	■
Zone 14			■
Plan utile 29	1352 lx	0.78	■
Zone 15			■
Plan utile 30	1748 lx	0.86	■
Zone 16			■
Plan utile 31	213 lx	0.80	■
Zone 2			■
Plan utile 17	1229 lx	0.47	■
Zone 3			■
Plan utile 18	563 lx	0.35	■
Zone 4			■
Plan utile 19	2077 lx	0.58	■
Zone 5			■
Plan utile 20	1695 lx	0.45	■
Zone 6			■

Configurations

Afficher l'évaluation

Légende

- Valeurs seuils du profil d'utilisation atteintes
- Valeurs seuils du profil d'utilisation pas atteintes
- Pas de valeurs seuils disponibles dans le profil d'utilisation
- Profil d'utilisation partiellement rempli car certaines valeurs seuil ne sont pas disponibles

Figure 154 : Résultats de simulation ;
Source: Auteurs.

II.2.2. Evaluation des performances de la lumière du jour dans différents espaces sensibles à la lumière :

		0.10 0.20 0.30 0.50 0.75 1.00 2.00 3.00 5.00 7.50 10.0 20.0 30.0 50.0 75.0 100.0 200.0 300.0 500.0 750.0 1000.0 2000.0 3000.0 5000.0 7500.0 10000.0 15000.0 lx											
Espace		Cas initial	Amélioration 1	Amélioration 2	Interprétation								
Salle d'exposition minérale	21 juin 12.00h	<p>E moy =329 lx U= 0.13 FLJ= 1.86 %</p>	<p>E moy =326 lx U= 0.13 FLJ= 2.8 %</p>	<p>E moy =974 lx U= 0.13 FLJ= 4.4%</p>	<p>1- Malgré la limite de la surface vitrée sur la paroi nord est respectée, l'éclairage est mal réparti dans la pièce et diminue très vite lorsqu'on s'éloigne des ouvertures.</p> <p>2- L'augmentation de la surface vitrée améliore l'éclairage moyen, mais le fond de la pièce est toujours sombre.</p> <p>3-L'uniformité U est constante car la façade nord bénéficie toute l'année d'un rayonnement solaire diffus.</p>								
	21 décembre 12.00h	<p>E moy =168 lx U= 0.13 FLJ= 1.86 %</p>	<p>E moy =312 lx U= 0.13 FLJ= 2.8 %</p>	<p>E moy =710 lx U= 0.13 FLJ= 3.4 %</p>									
		<p>Ouvertures de (3*2 m) latérales Surface totale = 20 %</p>	<p>Ouvertures de (5*2 m) latérales S= 30 %</p>	<p>Ouvertures de (5*2 m) latérales S= 40 %</p>									
Salon d'océanomania + salle d'exposition temporaire	21 juin 12.00 h	<p>E moy =620 lx U= 0.13 FLJ= 2.6 %</p>	<p>E moy =996 lx U= 0.11 FLJ= 4.8 %</p>	<p>E moy =1400 lx U= 0.45 FLJ= 7.1 %</p>	<p>1- Une surface vitrée de 30 % sur la façade sud n'est pas suffisante pour un bon éclairage</p> <p>2- des grandes baies vitrées sur la paroi sud assure un meilleur éclairage et atteint le seuil voulu .l'uniformité lumineuse dans l'espace est faible</p> <p>3- les objets exposés sur les parois ne reçoivent pas un éclairage suffisant.</p> <p>La profondeur de l'espace nécessite un éclairage bilatéral</p>								
	21 décembre 12.00 h	<p>E moy =318 lx U= 0.06 FLJ= 2.6 %</p>	<p>E moy =511 lx U= 0.11 FLJ= 4.8 %</p>	<p>E moy =844 lx U= 0.45 FLJ= 7.1%</p>									
		<p>Ouvertures de (4*2 m) sur toute la façade S= 30 %</p>	<p>Ouvertures de (4*3m) sur toute la façade S= 50 %</p>	<p>Ouvertures de (4*3m) sur toute la façade S= 60 %</p>									

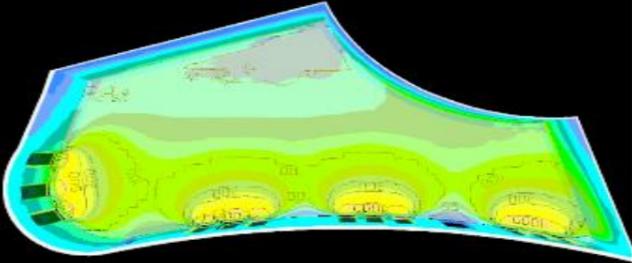
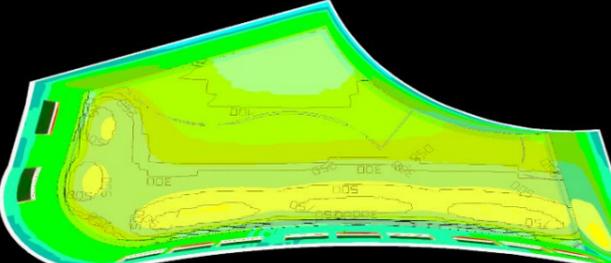
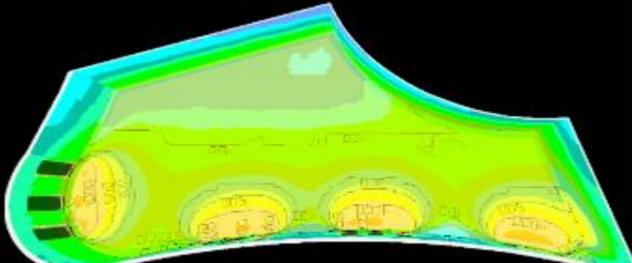
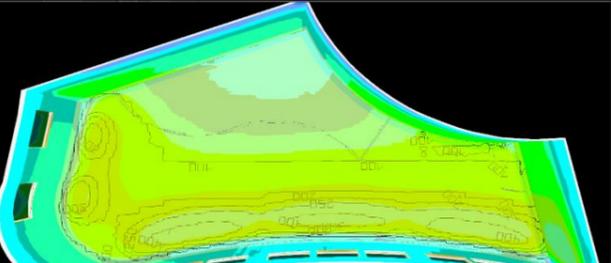
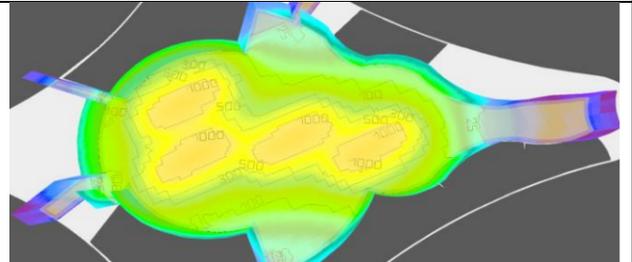
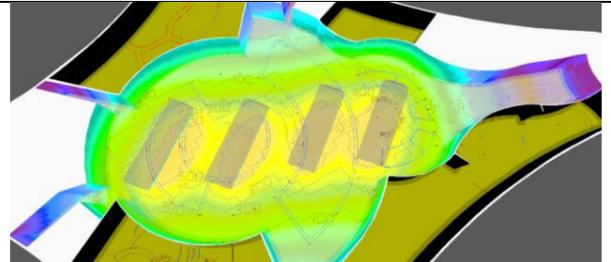
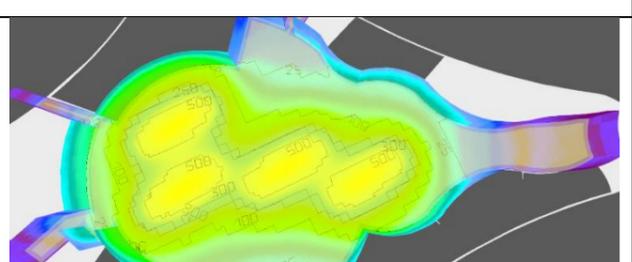
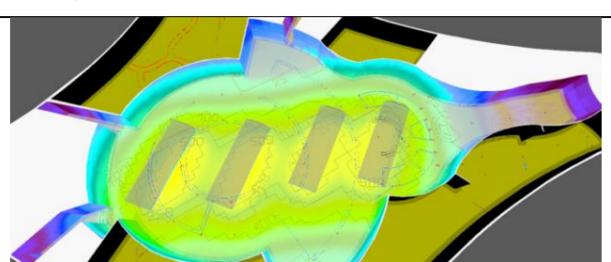
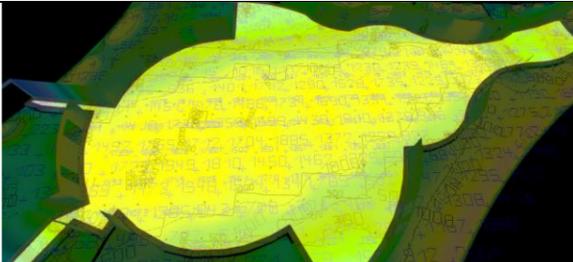
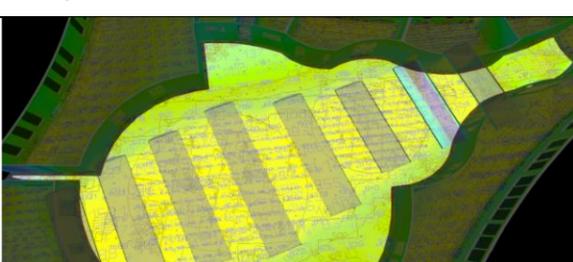
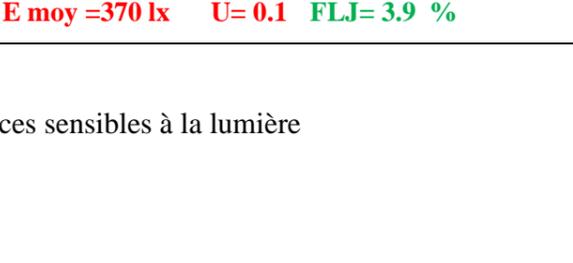
Jardin aquatique	21 juin 12.00 h	Ouvertures (4*2m) verticales S = 20 %		E moy =344 lx U= 0.11 FLJ= 1.5%	Ouvertures (4*3m) horizontales S = 20 %		E moy =467 lx U= 0.14 FLJ= 2.0%	<p>Pour une même surface vitrée, l'ouverture horizontale améliore mieux l'uniformité d'éclairage dans la pièce mais le niveau d'éclairage reste insuffisant. Cet espace profond nécessite un éclairage bilatéral ou zénithal afin d'améliorer l'uniformité de la lumière dans l'espace</p>
	21 décembre 12.00 h			E moy =176 lx U= 0.11 FLJ= 1.5%			E moy =162x U= 0.19 FLJ= 1.66 %	
	21 juin 12.00 h	4 lanterneaux (20m* 6m) S= 20 % (N)		E moy =349 lx U= 0.1 FLJ= 2.12%	4 lanterneaux (20 m* 6m) S= 20 % (N NE/SSO)		E moy =907 lx U= 0.4 FLJ= 4.2%	
			21 décembre 12.00 h			E moy =202 lx U= 0.1 FLJ= 2.12%		
Aquariums géants	21 juin 12.00 h	8 lanterneaux (15m* 6m) S= 30 %		E moy =1481x U= 0.53 FLJ= 5.31 %	8 lanterneaux (15m* 6m) S= 30 %		E moy =370 lx U= 0.1 FLJ= 3.9 %	<p>1-Avec une surface vitrée des lanterneaux orientés le long de l'axe NNE-SSO, de 1/5 de la surface du toit, l'espace d'exposition central est très sombre, pas d'uniformité</p> <p>2-Plus la proportion d'ouvertures en toiture augmente, plus le facteur de lumière du jour augmente</p> <p>Une surface vitrée de lanterneaux de 1/5 de la surface du toit (20%) Assure</p>
			21 décembre 12.00 h			E moy =370 lx U= 0.1 FLJ= 3.9 %		

Tableau 38: Evaluation des performances de la lumière du jour dans différents espaces sensibles à la lumière

II.2.3. Interprétation des résultats :

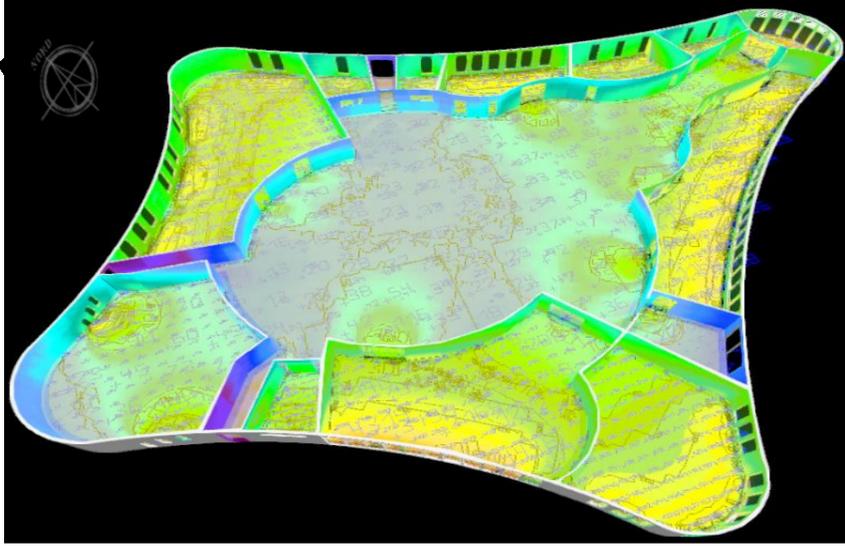
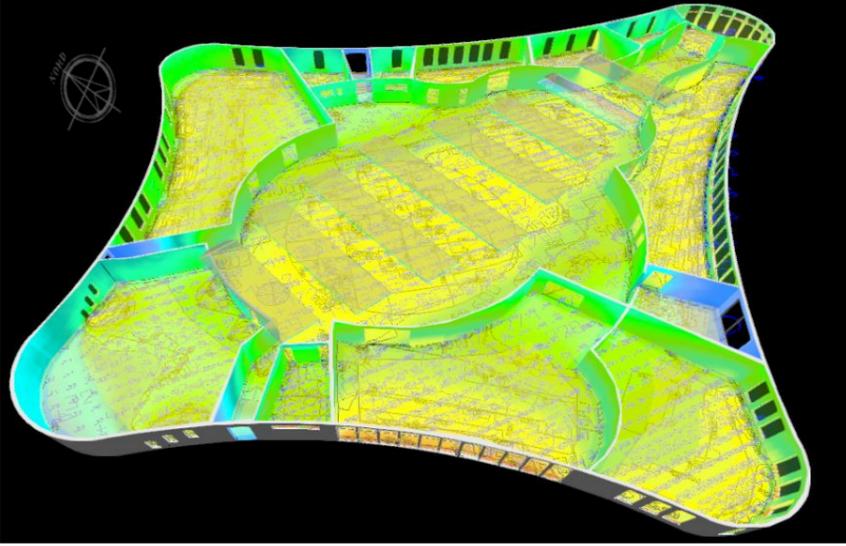
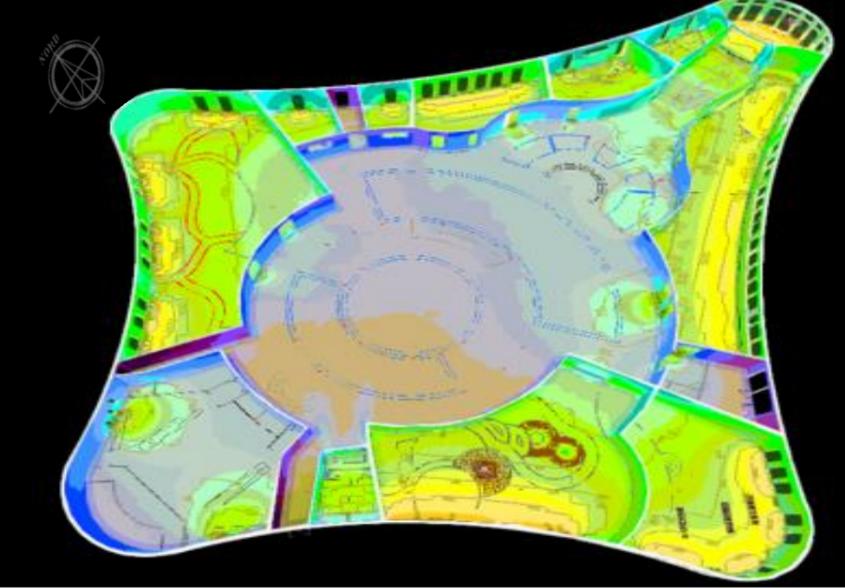
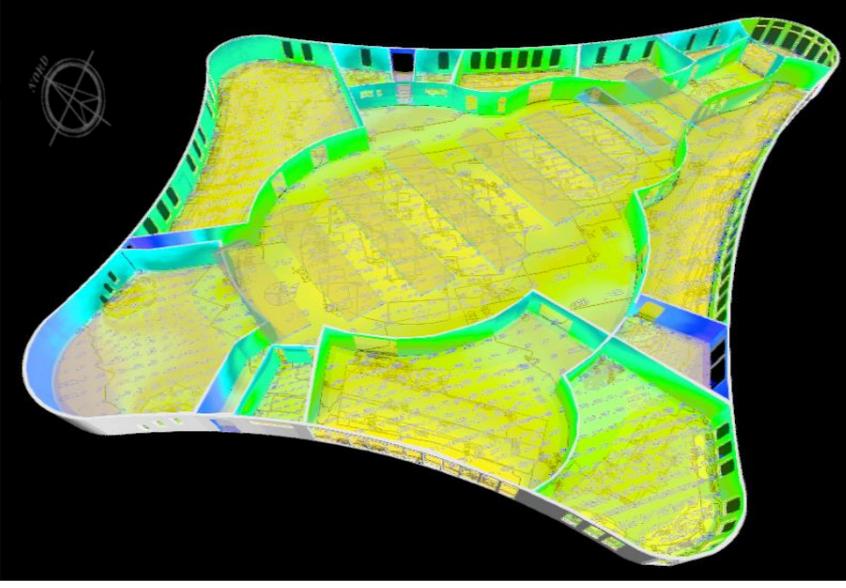
	Niveau sans éclairage zénithal	Avec éclairage zénithal	Résultats finals																								
21 juin 12.00 h			Après Le couplage des dispositifs de l'éclairage naturel par des ouvertures latérales et zénithales on constate que les niveaux de FLJ augmentent considérablement dans toute la surface de l'étage ; l'uniformité U et le niveau d'éclairage E sont par ailleurs considérablement améliorée avec ce type de dispositif. On constate que :le système de second jour offrant un Apport de lumière naturelle reçu par une ouverture donnant sur un espace bénéficiant déjà de lumière du jour directement depuis l'extérieur, et un éclairage zénithal à travers des lanterneaux éclairant tout l'espace central .																								
21 décembre 12.00 h			Voici les résultats finals dans le cas le plus défavorable : le 21 Décembre à 12.00h sous un ciel couvert :																								
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espace</th> <th>FLJ %</th> <th>E Lux</th> <th>U %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Salon d'océano-mania</td> <td>5.4</td> <td>569</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>Serre bioclimatique</td> <td>4.1</td> <td>453</td> <td>0.16</td> </tr> <tr> <td>Jardin aquatique</td> <td>2.0</td> <td>242</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>Salle d'expo minérale</td> <td>4.5</td> <td>505</td> <td>0.17</td> </tr> <tr> <td>Aquariums géants</td> <td>4.1</td> <td>466</td> <td>0.10</td> </tr> </tbody> </table>	Espace	FLJ %	E Lux	U %	Salon d'océano-mania	5.4	569	0.15	Serre bioclimatique	4.1	453	0.16	Jardin aquatique	2.0	242	0.15	Salle d'expo minérale	4.5	505	0.17	Aquariums géants	4.1	466	0.10
Espace	FLJ %	E Lux	U %																								
Salon d'océano-mania	5.4	569	0.15																								
Serre bioclimatique	4.1	453	0.16																								
Jardin aquatique	2.0	242	0.15																								
Salle d'expo minérale	4.5	505	0.17																								
Aquariums géants	4.1	466	0.10																								

Tableau 39: Tableau récapitulatif des résultats Source ; Auteurs

Analyser les résultats par rapport aux normes de la CIE :

D'après les résultats obtenus, on peut classer chaque espaces, à travers les valeurs de FLJ calculées, selon la norme de la démarche de HQE afin d'identifié le niveau de confort visuel offert par cette stratégie suivie :

Tableau 40 : Résultats de FLJ pour tous les espaces de RDC ; Source : Auteurs

Espace	Surface S'	FLJ (S=80% S') 1 ^{er} rang	FLJ (S=20% S') 1 ^{er} rang	FLJ (S=90 S') 2 ^{ème} rang	Niveau Base	Nive au perform ant	Niveau très performant
Hall de reception	218 m ²	9	5.1	6			●
Salon d'océano-mania	900 m ²	5.4	3.8	2			●
Boutique de vente	477 m ²	3.7	2	3.1			●
Serre bioclimatique	644 m ²	3.8	1.8	0.5		●	
Salle de cinéma	544 m ²	1.2	1.0	0.3	●		
Jardin aquatique	1260 m ²	3.0	2.3	0.7			●
Boutique de souvenirs	91 m ²	2.1	1.8	1.2			●
Salle d'expo minérale	313 m ²	4.3	3.8	1.0			●
cafeteria	280 m ²	1.7	1.1	0.6	●		
Escape de circulation	370 m ²	2	1.4	0.9	●		
Aquariums géants	2440 m ²	4.6	4.2	2.1			●

Donc, a travers la stratégie des ouvertures en façade et sur toiture adapté aux locaux d'exposition assure un niveau d'éclairage très performant (plus de sept espaces assurent la niveau très performant) ; Mais l'uniformité de l'éclairage n'atteint pas le seuil voulu .

Conclusion :

L'optimisation de l'éclairage naturel au cours de la conception architectural permet de crée un espace architectural qui répond non seulement au besoin quantitatifs mais aussi qualitatifs des occupants et réduit la consommation énergétique en terme d'électricité, ce qui participe à la préservation de l'environnement.

L'intégration d'un système d'éclairage naturel optimal constitue une tâche complexe qui doit idéalement s'effectuer cas par cas, espace par espace.

A l'échelle de chaque pièce, la mission du contrôle est de faire coopérer tous les actionneurs pour assurer une atmosphère optique confortable. Comme au niveau bâtiment, le contrôle doit permettre de déterminer la solution optimale pour cet objectif.

Pour les besoins de notre étude, nous souhaitons arriver ,à travers la conception d'un modèle 3D, de contrôler de seuil de facteur de lumière du jour et l'éclairement reçu dans des espaces sensibles à la lumière naturelle afin de pouvoir, a posteriori, assurer leurs bon fonctionnement.

C'est pour cela, il est primordial d'intégrer un type d'ouverture précis avec des dimensions correctes qui vont être en cohérence avec son environnement et ses modes d'exploitation.

Et d'après la simulation faite, on a constaté que, en point de vue quantitatif et qualitatif :

- La surface et les dimensions des ouvertures déjà intégrées et le rapport du vitrage par rapport à la surface des parois , ont permis d'assurer un niveau d'éclairement suffisant et optimal ,en limitant le risque d'éblouissement et les zones d'ombre dans un local profond .
- Pour les espaces d'exposition centrales qui bénéficient d'un éclairage zénithal à travers l'installation des ouvertures de types lanterneaux, assure le seuil voulu de l'éclairement.
- Le couplage de ces deux dispositifs améliore l'homogénéité et l'uniformité de l'éclairement dans tout le niveau surtout pour les zones éloignées de contact direct avec l'extérieur.

Cette prédétermination nous garantit une conception architecturale fonctionnelle et correcte pour le bâtiment.

CONCLUSION GENERALE :

Le changement de nos villes et de nos habitats est un enjeu majeur pour s'engager résolument dans un écodéveloppement et, au-delà, pour se préparer à absorber les difficultés qui résulteront directement de la crise énergétique et du changement climatique.

Ce présent travail s'insère dans un contexte purement environnemental, il se présente comme une contribution à sa sauvegarde en minimisant nos consommations, en gérant nos déchets et en préservant nos ressources.

Par ailleurs, nous avons traité trois échelles différentes. D'abord, l'échelle urbaine en aménageant un éco-quartier, tout en s'appuyant sur l'analyse du site, l'analyse climatique et l'analyse bioclimatique. Ensuite, l'échelle architecturale, à travers la conception d'un Centre Océanographique qui aura pour mission : développer des recherches scientifiques concrètes et innovantes du milieu marin, diffuser et vulgariser l'information scientifique et la rendre accessible au large public. Enfin, l'échelle spécifique, et cela en traitant l'éclairage naturel à travers les ouvertures afin d'assurer un confort visuel optimal au niveau de notre projet architectural.

L'étude de ces trois échelles nous a permis d'insérer notre projet dans une démarche bioclimatique qui se présente comme l'architecture de demain, en s'adaptant à la géographie du lieu, à son climat, et employer des matériaux adaptés.

BIBLIOGRAPHIE

- **De Herde André, Liebard Alain** 2005 : Traité de l'Architecture Bioclimatique
- **Marion Blein** , 2016 , Edition : Observ'ER , Architecture Solaire Architecture d'Aujourd'hui.
- **Garrigues-Cortina Frederik, Schelstraete Arnaud**, comment concevoir sa maison bioclimatique ?
- **Bechki Djamel, Bouchekima Bachir, Boughali Slimane, Bouguettaia Hamza, Mahcene Hocine, et Mennouche Djamel** 2013 : Opportunités et challenges de la promotion des énergies renouvelables en Algérie
- **Samuel Courgey et Jean-Pierre Olivia**, 2006, édition TERRE VIVANTE : La conception bioclimatique
- **Pauline FERNANDEZ**, 2012 : *La perception des environnements lumineux de chambre d'hôtel*, Thèse pour l'obtention du grade de docteur, l'université de Claud Bernard Lyon1.
- **Etienne ARNAL**, 2013 : *Modélisation et commande hiérarchisées du bâtiment pour l'amélioration des performances énergétiques, thermiques et optiques*, thèse pour obtenir le grade de docteur, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Spécialité : Énergie et Systèmes.
- **Grace YEPEZ-SALMON**, 2011 : *Construction d'un outil d'évaluation environnementale des Eco quartiers : vers une méthode systémique de mise en oeuvre de la ville durable*. Effets de l'éclairage, de l'usage et des caractéristiques individuelles sur le jugement d'appréciation en situation réelle, thèse pour obtenir le grade de docteur, école doctorale des sciences physique et de l'ingénieur, université Bordeaux 1.
- **BENHARKAT Sarah**, 2006 : *L'impact de l'éclairage naturel zénithal sur le confort visuel dans les salles de classe*, thèse pour l'obtention de magistère, université Mentouri Constantine, option bioclimatique.
- **ROUAG Djamila**, 2001: *Sunlight problems within new primary school classrooms in Constantine*. Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine.
- **MARTINE TABEAUD**, 2006 : *Les villes font-elles leur temps ?* , Thèse de doctorat , Université Paris 1 - Ville et Environnement
- **GIEC**, 2014 : cinquièmes rapports d'évaluation sur le changement Climatique.
- **IBGE** (2014): Guide pratique pour la construction et la rénovation durable pour la construction et la rénovation durable des petits bâtiments.

- **Bernard PAULE** ,2007 : *Dispositifs d'éclairage naturel* .Espace et lumière : Le projet d'éclairage. EPFL-ENAC.
- **Yannick Sutter et al.** , 2014, Les guides bio-tech, l'ARENE Île de France et de l'ICEB, Troisième guide dans la série « Bio-tech ».
- **Suzel BALEZ** (2007) : L'éclairage naturel 2^{ème} partie.In: proceedings of daylight strategies and predetermination.
- **Norbert Lechner** (2008) HEATING, COOLING, LIGHTING. 4th ed. France: ICEB.
- **Francis .D.K.Tching., IAN.M. Shapiro** (2014) Green building illustrated. Canada: John Wiley & Sons.
- **Francis.D.K.Tching.,Barry.S.Onuouye.,DOUDLASZuberbuhler.** (2014) building structures illustrated: Patterns, systems, and design. Canada: John Wiley & Sons.
- **K.Konis Ph.D, Eleanor and S. Lee** (2015) Energy Technologies Area.In : Measured daylighting potential of a static optical louver system under real sun and sky conditions. New York : Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Cahier technique LUX de la revue LUX n° 228 d'éclairage publique LIEUX DE travail, stades (2004), Les normes européennes de l'éclairage
- **MORGANE COLOMBERT** , 2008 : *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*, Thèse de doctorat Génie urbain - Université Paris-Est
- Google Earth
- https://maitrise energie.nc/sites/default/.../11_13_compte_rendu_conf_archi_bio.pdf
- <http://www.coalitionfrancaise.org/la-culture-reconnue-comme-4eme-pilier-du-developpement-durable-au-3eme-congres-mondial-du-cglu-a-mexico/>
- http://www.agenda21culture.net/sites/default/files/files/documents/fr/zz_culture4pilierdd_fra.pdf
- www.grenoble.archi.fr/
- <https://www.futura-sciences.com/maison/.../isolation-maison-energie-positive-874/>
- <http://www.passivhaus-vauban.de/passivhaus.fr.html>
- <https://www.guidebatimentdurable.brussels/r>
- http://www.energie.arch.ucl.ac.be/eclairage/documents%20pdf/Guide_maquettes_juin04.pdf
- <http://www-energie.arch.ucl.ac.be/eclairage/>

- <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/>
- <http://www.mamrot.gouv.qc.ca>
- <http://www.herault.fr/developpement-durable/agenda-21>

Les annexes

Annexe

Résumé des 17 objectifs de développement durable pour 2030 :

- 1. Éliminer la pauvreté
- 2. Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, nutrition et agriculture durable
- 3. Bonne santé et bien-être de tous à tout âge
- 4. Accès de tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité
- 5. Égalité des sexes et autonomisation de toutes les femmes et les filles
- 6. Accès de tous à l'eau et à l'assainissement et gestion durable des ressources en eau
- 7. Services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable
- 8. Croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous
- 9. Infrastructure résiliente, industrialisation durable
- 10. Réduire les inégalités dans les pays et d'un pays à l'autre
- 11. Villes ouvertes, sûres, résilientes et durables
- 12. Modes de consommation et de production durables
- 13. Lutte contre les changements climatiques et leurs répercussions
- 14. Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines
- 15. Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, biodiversité
- 16. Sociétés pacifiques et ouvertes à tous, accès de tous à la justice, institutions efficaces, responsables
- 17. Moyens pour mettre en œuvre le Partenariat mondial pour le développement durable.

Annexe

Tableaux de calculs de FLJ, U et E pour des espaces d'exposition :

Tableau 1 : Les résultats de FLJ, E, et U de la salle d'expo minérale ; Source : Auteurs.

	Facteur de lumière du jour FLJ %				Eclairage E (lux)				Uniformité U%			
	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h
Cas 1	1.60	1.86	1.30	1.86	294	329	214	268	0.2	0.2	0.13	0.13
Cas 2	2.4	2.8	1.8	2.80	300	362	275	312	0.27	0.27	0.13	0.13
Cas 3	3.20	4.4	3.4	3.40	655	974	421	710	0.4	0.4	0.28	0.28

Tableau 2 : Les résultats de FLJ, E, et U de la salle d'océan mania ; Source : Auteurs.

	Facteur de lumière du jour FLJ %				Eclairage E (lux)				Uniformité U%			
	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h
Cas 1	2.4	2.6	2.4	2.6	469	620	284	318	0.3	0.3	0.26	0.26
Cas 2	4.2	4.8	4.2	4.8	819	966	420	511	0.4	0.4	0.35	0.35
Cas 3	5.05	5.35	5.05	5.53	910	<u>1400</u>	501	844	0.45	0.45	0.45	0.45

Tableau 3 : Les résultats de FLJ, E, et U du jardin aquatique ; Source : Auteurs

	Facteur de lumière du jour FLJ %				Eclairage E (lux)				Uniformité U%			
	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h	21-06 9.00h	21-06 12.00h	21-12 9.00h	21-12 12.00h
Cas 1	1.5	1.5	1.5	1.5	300	344	152	176	0.18	0.18	0.15	0.15
Cas 2	2.2	2.0	2.2	2.0	403	467	181	213	0.24	0.24	0.2	0.2
Cas 3	3.0	3.54	2.9	3.54	<u>696</u>	<u>731</u>	255	375	0.38	0.38	0.35	0.35

 Niveau très bas

 Niveau optimal atteint

 Niveau moins suffisant

Valeur
soulignée

 Risque d'éblouissement