

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI OUZOU
FACULTE DE GENIE DE LA
CONSTRUCTION

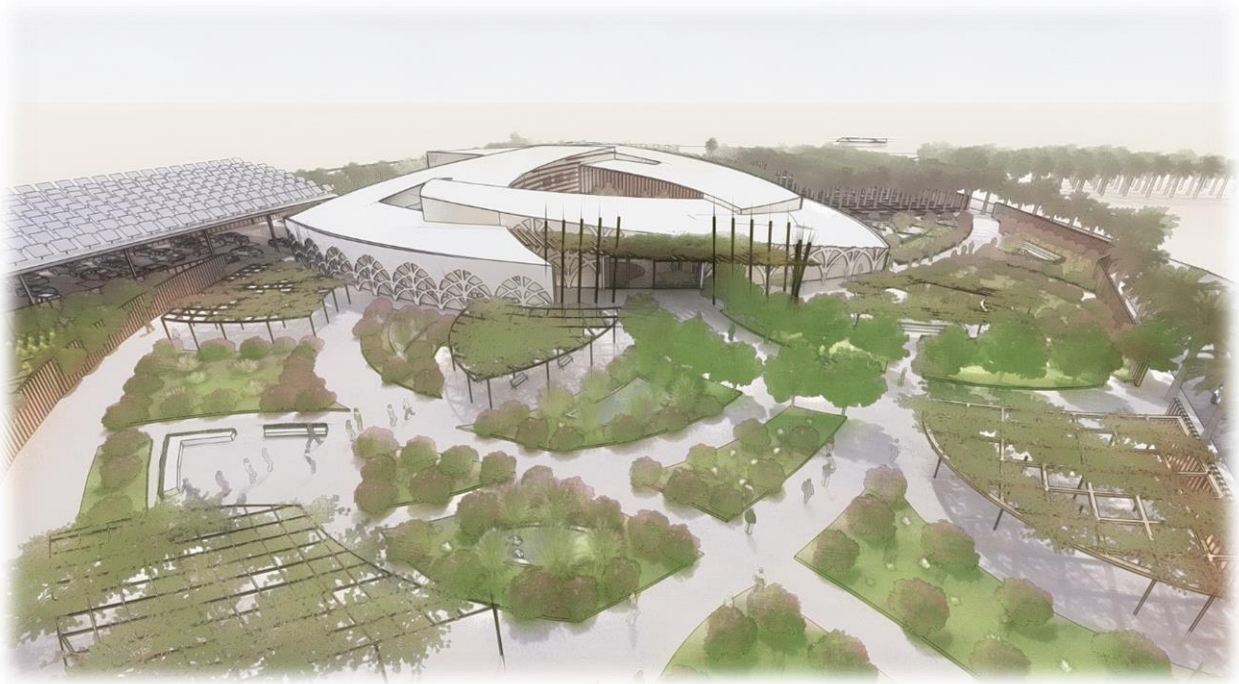


DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE
Mémoire de master en architecture
Option architecture et environnement



Projet : centre de formation et recherche en agriculture saharienne

GREEN UP CENTER



Réalisé par :
Mlle Fatma BELKEBIR
Mlle Lynda LOUNIS

Encadré par :
Mme Karima MEHAOUED

Promotion juin 2019

Remerciements

Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à DIEU tout puissant, qui nous a aidé et béni par sa volonté durant toute cette période de travail.

Notre profonde gratitude et sincères remerciements vont à notre promotrice Mme Karima MEHAOUED pour sa présence continue, son encouragement, sa patience et son soutien à toute épreuve tout au long de ce travail.

Nous exprimons également notre sympathie et gratitude au personnel de l'université Mouloud MAMMARI pour son accompagnement tout le long de notre formation.

Nous adressons nos remerciements aux membres du jury, devant qui, nous avons l'honneur d'exposer notre travail, et qui ont pris la peine de lire ce mémoire pour juger son contenu.

Nous réservons ici une place particulière pour remercier vivement tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, nous ont aidé et encouragé à la réalisation de ce modeste travail.

Fatma et Lynda.

Dédicaces

Il n'y a plus puissant moteur pour avancer dans la vie que le soutien des siens, et c'est pour cela que je dédie ce travail à tous ceux qui sont mes piliers au quotidien.

Je dédie ce travail avant tout à maman en Sucre, ma muse et idole, elle qui n'est qu'amour, soutien et sacrifice pour me voir réussir. Je le dédie également à mes sœurs, Thafathe que j'admire, Malla dont je suis fière et Imene qui me donne le sourire.

Je dédie aussi ce travail à la mémoire de mon cher papa, lui dont le souvenir de l'expression : « je suis fière de mes filles » met la larme à l'œillet tout en insufflant un air de vigueur et de courage dans les moments les plus difficiles... j'espère que tu es fière de ta fille.

Je dédie ce travail à ma sœur de cœur Picha dont le soutien et accompagnement sont intarissables au bout de 10 années d'amitié.

Egalement à ma Djoudjou qui réchauffe le cœur, mes oncles et toutes, cousins et cousines spécialement Atta ainsi qu'à ma Hepou. Ma Cycy, Smoumou et tous les mais qui me tire vers le haut au quotidien.

Une dédicace spéciale va à toi Djamel. Un cadeau de la vie sans qui ce travail n'aurait jamais été car ta compréhension, soutien et investissement personnel ont été mes guides vers l'aboutissement de mon travail.

Merci à tous pour tout ce que vous m'avez apporté.

Dieu vous garde.

Fatma

Je dédie ce travail,

A mes parents, quoi que je fasse, quoi que je dise, je ne saurais vous remercier comme il se doit, votre affection et votre amour ont toujours été ma source de force pour affronter tout les obstacles,

A mon cher frère Idir qui a toujours été la pour moi,

A mes chères sœurs, leurs maris et leurs enfants, qui m'ont soutenu durant tout mon parcours et qui m'ont aidé à réaliser ce travail,

A mon binôme et amie fatma, avec qui on a surmonté tout les obstacles, merci pour ta patience et ton soutien,

A mes amours Kamar et Hala et leur famille, merci pour votre amour, soutiens et encouragement,

A tous mes amis, et à tous ceux qui m'ont aidé et encourager de près ou de loin.

lynda

Résumé

L'architecture est souvent réduite à la simple notion de « Bâtir ». Alors que de nos jours, grâce à son évolution, l'architecture peut atteindre différents objectifs. L'un de ces objectifs consiste en la réduction de la consommation énergétique allée à l'optimisation des conditions de confort des usagers, cela en considérant tous les paramètres environnementaux, climatiques et sociaux liés aux projets. C'est donc l'architecture bioclimatique.

L'analyse environnementale permet la valorisation des sites d'interventions pouvant être lésés tel que la partie sud-ouest de l'ancien bordj turc de la ville de Biskra. La zone est dévalorisée et non aménagée malgré son potentiel agricole, stratégique et historique. Ce site sera l'assiette qui accueillera notre projet. Dans cette zone, il est primordial de solutionner le problème des fortes chaleurs liées au climat aride de la région de Biskra. Pour ce faire, la forme de notre projet qui est un centre de formation et recherche en agriculture saharienne, joue en faveur du confort thermique par sa compacité et son introversion. Et afin d'humidifier l'air sec quasi permanent de la région, l'omniprésence des deux éléments eau et végétation est de rigueur afin d'apporter de l'ombre tout en adoucissant les températures ressenties. Par ces différentes étapes, il sera recréé un microclimat oasien au niveau du site.

La notion de laisser aller préalablement relevée concernant le site, englobe également le domaine de prédilection de la ville qui est l'agriculture et qui peut être le moteur de développement de la ville. Cela est particulièrement mis en lumière par la palmeraie voisine au site, laissée à l'abondant et sujette à la détérioration progressive. Afin de remédier à ces carences, notre projet vise à promouvoir la valeur et savoir-faire de cette activité, en améliorer les techniques, et l'adapter au climat aride de la région. Pour cela il se focalisera d'abord sur le partage des connaissances liées au thème de l'agriculture par un pôle de formation ; il vise ensuite à étoffer les connaissances et pratiques données dans le domaine en consacrant un pôle à la recherche agricole, associé à un large terrain (jardins, serres) exclusivement consacré aux tests et expériences scientifiques dans le cadre de ces recherches. Puis pour booster l'information et l'évolution du domaine, il sera destiné un pôle à la conférence, ainsi qu'un large espace vert pédagogique mettant en application les avancées des recherches et savoir-faire entretenue au sein du centre.

Mots clés : Agriculture, architecture bioclimatique, aridité, formation, recherche.

Abstract

Architecture is often reduce to the simple notion of "building". While today, thanks to its evolution, architecture can achieve various goals. One of these goals is to reduce energy consumption combined with the optimization of users 'comfort conditions by considering all the environmental, climate and social parameters related to the projects. It is therefore the bioclimatic architecture.

The environmental analysis allows the valuation of intervention sites that can be damaged such as the southwestern part of the old Turkish castle of the city of Biskra. The area is devalued and undeveloped despite its agricultural, strategic and historical potential. This site will be the plate that will host our project. In this area, it is essential to solve the problem of high temperatures related to the arid climate of the region of Biskra. To do this, the form of our project, which is a training and research center in Saharan agriculture, favors thermal comfort by its compactness and introversion. Moreover, in order to humidify the almost permanent dry air of the region, the ubiquity of both elements water and vegetation is mandatory in order to bring amber while softening the felt temperatures. Through these stages, an oasis microclimate will be recreate at the site level.

The notion of letting go previously noted concerning the site also includes the field of predilection of the city which is agriculture and which can be the engine of development of the city. This is specially highlighted by the palm grove next to the site, left to the abundant and subject to progressive deterioration. In order to remedy these shortcomings, our project aims to promote the value and expertise of this activity, improve the techniques, and adapt it to the arid climate of the region. For that, it will first focus on the sharing of knowledge related to the theme of agriculture by a training center; it then aims to expand the knowledge and practices given in the field by devoting a pole to agricultural research, associated with a large ground (gardens, greenhouses) exclusively devoted to scientific tests and experiments in the context of this research. Then to boost the information and the evolution of the field, it will be destined a pole for the conference, as well as a large educational green space implementing the advances of research and expertise maintained within the center.

Key words: Agriculture, bioclimatic architecture, aridity, training, research.

Table des matières :

I.	Introduction.....	1
II.	Objectifs.....	2
III.	Méthodologie de recherche.....	3
IV.	Structure du mémoire.....	4
I.	Introduction.....	5
II.	Définition de l'architecture bioclimatique	5
	Objectifs de l'architecture bioclimatique	5
	Les stratégies de la conception bioclimatique.....	7
	Capter / se protéger de la chaleur	7
	Transformer, diffuser la chaleur.....	8
	Conserver la chaleur ou la fraîcheur	8
	Favoriser l'éclairage naturel.....	9
III.	Evolution de la pensée bioclimatique.....	10
	La période Antique et néolithique.....	10
	L'habitat troglodytique (la caverne et l'igloo)	10
	La tour à vent.....	11
	Au Moyen Age : La maison à colombage.....	12
	À partir du XIXe siècle jusqu'au choc pétrolier	13
	Depuis les années 1960-70 jusqu'aux années 2000	14
	Conception architecturale avec les techniques du bâtiment.....	14
	La conscience collective et une responsabilisation des citoyens	15
IV.	Les principes de l'architecture bioclimatiques	16
	L'implantation.....	16
	Les objectifs d'une bonne implantation sont.....	16
	La forme du bâtiment	16
	L'orientation.....	17
	Les matériaux de construction	18
	Isolation thermique.....	18
	La végétation	18
	La ventilation naturelle	19
V.	Les dispositifs bioclimatiques.....	20
	La serre bioclimatique.....	20
	Les espaces tampons	21

Le puits canadien.....	21
Le mur trombe.....	22
Les façades doubles peaux.....	23
La toiture végétalisée.....	23
VI. Définition de la notion du confort.....	24
VII. Types de confort.....	24
Le confort thermique.....	24
Les paramètres affectant le confort thermique.....	25
Paramètres liés à l'individu.....	25
Paramètres liés à l'environnement.....	25
Le confort tactile.....	26
Le confort phonique.....	26
Le confort acoustique.....	27
Le confort visuel.....	27
Le confort hygrométrique.....	28
Le confort olfactif et la qualité de l'air intérieur.....	29
Le confort psychologique.....	29
Le confort adaptatif.....	30
VIII. L'eau comme moyen de rafraîchissement des ambiances architecturales et urbaines.....	31
INTRODUCTION.....	31
Rafraîchissement à eau.....	31
Classification des systèmes de rafraîchissement par évaporation.....	32
Le système naturel (passif).....	32
À l'échelle urbaine.....	32
À l'échelle architecturale.....	34
Le système hybride.....	35
Les systèmes évaporatifs à atomisation.....	35
Les systèmes à vaporisation par évaporation.....	36
Les humidificateurs à vaporisation par ébullition.....	36
Système de rafraîchissement direct ou indirect.....	37
Système direct.....	37
Système indirect (point de rosé).....	37
IX. Conclusion.....	38
I. Introduction.....	39

II.	Choix du thème.....	39
III.	Analyse des exemples.....	40
	Exemple 01 : Le bâtiment ICTA-ICP à Barcelone	40
	Présentation du projet.....	40
	Présentation de l'architecte	40
	Situation	41
	Plan de masse	41
	Analyse des plans.....	42
	Plan du RDC	42
	L'étage courant	43
	Système constructif	44
	Analyse des façades	45
	Dispositifs bioclimatiques.....	46
	Ambiances intérieurs.....	58
	Exemple 02 : Jacobs Institute for Design Innovation	60
	Présentation du projet.....	60
	Fiche technique	60
	Situation du projet.....	61
	Axe de conception.....	61
	Accessibilité et voisinage	61
	1) Analyse des plans.....	62
	Plan du RDC	62
	Plan 1er étage	62
	Plan 2eme étage	63
	3eme étage	63
	Analyse de façade	64
	Façade nord	64
	Façade sud	64
	Façade est	65
	Analyse bioclimatique.....	65
	Circulation	66
	Orientation	67
	Implantation et volumétrie.....	68
	Ventilation et lumière	68

Cycle de l'eau 69

Dispositifs mécaniques.....	69
Ambiances intérieures.....	70
Exemple 03 : Campus universitaire de Laâyoune au sud du MAROC.....	72
Présentation du projet.....	72
Fiche technique du projet.....	73
Genèse du projet.....	73
Implantation.....	75
Circulation.....	75
Programme et occupation de l'espace.....	76
Analyse bioclimatique.....	76
Conclusion.....	77
IV. SYNTHÈSE.....	77
I. Introduction.....	78
II. Choix du site d'intervention.....	78
III. Aperçu historique.....	78
Occupation romaine.....	79
Occupation arabo-musulmane (7 – 14emesiècle).....	80
Occupation turque.....	81
Epoque turque -1- (1541 – 1680).....	81
Époque turque -2- (1680 - 1844).....	82
Epoque coloniale française.....	83
Epoque française -01- (1830 – 1865).....	83
Epoque française -02- (1865 – 1932).....	84
Epoque française -03- (1932 - 1962).....	85
Occupation post coloniale : (1962 à nos jours).....	86
Post coloniale -01- (1962 – 1977).....	86
Post coloniale -02- (1977 à nos jours).....	87
III.6 Synthèse.....	87
IV. Analyse du site.....	88
Situation.....	88
A l'échelle territoriale.....	88
A l'échelle régionale.....	88
A l'échelle locale.....	89

Voirie et accessibilité	89
Environnement immédiat	90
Vocation et potentialités de la ville	91
Secteur de l'agriculture	91
Secteur du tourisme	91
Secteur de l'industrie.....	91
Synthèse	91
Environnement naturel	92
Données climatiques	92
Température	92
Précipitations	93
Vents	94
Ensoleillement	95
Humidité relative	96
Diagramme de Givoni	97
Les zones d'influence définies par le diagramme	98
Dispositifs passifs	98
Dispositifs actifs.....	98
Hydrographie.....	99
Les oueds.....	99
Oued Sidi Zerzour.....	99
Oued Dédia	99
Les eaux souterraines	99
La nappe du quaternaire : Eau salée située sous la palmeraie nord.	99
La nappe profonde : À température très élevée	99
La nappe calcaire : Sous la totalité de la région de Biskra	99
IV.9 Géologie	100
IV.10La faune.....	100
IV.11La flore	101
IV. 2Synthèse.....	101
V. Orientation du PDAU	102
VI. Conclusion	102
I. Introduction.....	103
II. Genèse du projet	103

II.1	Idéation.....	103
VII.	Programme quantitatif et qualitatif.....	106
III.	Organigrammes.....	115
	Plan de masse	115
	Plan RDC	116
	Plan 1 ^{er} étage	116
IV.	Description des plans	117
	Plan masse	117
	Accessibilité	117
	Plan du RDC	120
	Plan 1 ^{er} étage	122
	Description de l’enveloppe	123
	Façade extérieure	123
	Façade intérieure	125
V.	Evaluation environnementale	126
	Capter	126
	Orientation.....	126
	Conserver et distribuer	127
	Vitrage.....	128
	Protéger	129
	Toiture réfléchissante.....	130
	Brises soleil 130	
	Ventiler.....	131
	Vitrage 132	
	Végétation /eau.....	133
	Panneaux photovoltaïque	135
	Gestion de l’eau par récupération des eaux pluviales	135
	Gestion des déchets par compostage.....	136
VI.	Détails constructifs	137
VII.	Choix structurel	137
	La structure mixte	137
	La structure en béton armé	137
	Les gros œuvres	137
	Infrastructure	137

La superstructure	138
VII.2 Murs et toit	140
VII.2.1 Utilisation	140
- Structure porteuse pour les bâtiments ;	140
Murs intérieurs	141
Description	141
Caractéristiques	142
Murs extérieurs.....	142
Le panneau double	142
Description	142
Utilisation	142
Le panneau de toit	143
Description	143
Utilisation	143
VII.3.1 Plancher collaborant	144
VIII. Conclusion	144
IX. Conclusion générale.....	145
Bibliographie	148

Centre de formation et recherche en agriculture saharienne à la Reine des Zibans.

I. Introduction

L'Homme à son apparition sur terre était en osmose avec la nature et en parfait équilibre avec son écosystème, il appliquait le principe de « s'insérer sans altérer ». Cependant, en raison des progrès technologiques et de l'accroissement démographique, l'activité humaine irrationnelle est devenue la cause principale du bouleversement climatique mondial, consommant abusivement des denrées de la nature sans se soucier des conséquences.

« C'est une triste chose de songer que la nature parle et que le genre humain n'écoute pas » (Victor, 1870) .

Ceci étant dit, si l'activité humaine massive est responsable de la détérioration de son milieu, c'est aussi la seule qui puisse agir pour tenter de restaurer un moindre équilibre de la nature, actuellement fragilisé.

L'une des méthodes par laquelle l'Homme tente ce retour aux sources est la construction bioclimatique. La notion assez générale de l'architecture bioclimatique correspond au souci de construire des bâtiments respectueux de l'environnement, plus sains et plus économes en énergie et en matières premières non renouvelables. D'une façon générale, un bâtiment est construit pour durer ! Donc, ce n'est pas seulement sa construction qu'il faut soigner mais aussi son coût à l'utilisation, en argent et en ressources, lors de ses longues années d'occupation : climatisation, chauffage, éclairage, ventilation, eau, etc.

On ne peut parler de la notion de l'architecture bioclimatique sans aborder le concept du développement durable, qui établit à son tour un cercle vertueux entre les trois principales disciplines de l'architecture : l'efficacité économique, l'équité sociale et la qualité environnementale. Il peut donc être défini comme une approche stratégique et politique fondée sur la notion de solidarité dans un espace, ayant comme objectifs : la lutte contre le changement climatique, la cohésion sociale, et l'efficacité économique.

En Algérie, et particulièrement dans les zones situées au sud avec leur climat rude et capricieux, le caractère aléatoire et la rareté des précipitations, conjugués à une désertification de plus en plus inquiétante, résultant à la fois des actions anthropiques et de

la rigueur des conditions climatiques sont une réelle menace au développement durable de ces zones.

Parmi les zones algériennes obéissant à cette règle sévère de dame nature, la région des Zibans et notamment la ville qui en est nommée la reine : Biskra. Située sur le flanc sud des monts de l'Aurès, et s'inscrivant ainsi dans le domaine de l'Atlas saharien, plus exactement dans la zone de transition entre l'Atlas saharien et le Sahara, la ville se trouve confrontée à un climat aride et à d'énormes difficultés alliant la rareté et la faible qualité de la ressource hydrique.

Néanmoins, la ville de Biskra se distingue par une vocation agricole très prometteuse nécessitant des efforts de développement et de mise en lumière. Plusieurs questionnements émergent alors : **Par quel moyen l'essor de ce domaine peut être boosté dans cette ville ? Et quel équipement correspondrait au mieux au développement agricole saharien à Biskra ?**

Le meilleur moyen de développer un domaine quelconque est de l'enseigner, de vulgariser son savoir-faire, ainsi que d'en améliorer les techniques et d'en élargir les connaissances. Dans cette optique, les écoles, laboratoires de recherches, et centre de formation, tous orbitant autour de l'axe de l'agriculture saharienne peuvent être des choix de projet judicieux à projeter dans notre zone d'intervention.

II. Objectifs :

Par notre projet, nous souhaitons atteindre les objectifs suivants :

- Participer à toute recherche sur la compréhension et la lutte contre la vulnérabilité agricole et changements environnementaux.
- Inscrire le développement de la ville dans un registre bioclimatique et soucieux de l'environnement, en étudiant les caractéristiques physiques et climatiques de la région ; en synthétisant les potentialités et carences ; puis en y mettant sur pied une architecture intelligente et réfléchie de façon à limiter les consommations d'énergie et à optimiser les avantages naturelles pour un meilleur confort.
- Constituer une banque de données scientifiques et techniques sur la région et son agriculture ; en assurer le traitement, la conservation et la diffusion.

- Réaliser les programmes de recherche scientifique et technique sur l'agriculture en milieu saharien.
- Former des agriculteurs qualifiés avec des moyens de pratique modernes de la profession, créer l'attractivité autour du domaine et en susciter l'intérêt général.

III. Méthodologie de recherche :

Pour ce faire, notre travail sera organisé en plusieurs étapes matérialisées par plusieurs chapitres :

L'introduction générale comporte la problématique, les hypothèses, les objectifs ainsi que la méthodologie de recherche.

La première partie, consiste en la compréhension des différents concepts et notions clés liés à notre projet. Elle découle d'une recherche bibliographique sur l'architecture bioclimatique d'une part, et de l'agriculture saharienne d'une autre part, et est répartie en deux chapitres : Dans le premier : l'état de l'art de la recherche sur l'architecture bioclimatique, nous analyserons cette dernière, son évolution, ses différents principes et dispositifs, ainsi que les types et notions de confort. On se concentre particulièrement sur le dispositif du rafraîchissement par l'eau en faisant le point sur ses différents types, son principe d'utilisation, et son intervention dans le confort dans le bâtiment. Le deuxième chapitre consiste en l'analyse de projets modèles et de notion sur l'agriculture saharienne.

La deuxième partie est l'élaboration du projet. Elle intègre deux chapitres :

Le premier concerne l'étude du site d'intervention, présente, elle aborde le choix, l'environnement naturel construit, les données climatiques, et l'aspect socioéconomique du site et finit par une synthèse qui résume les potentialités et les carences de ce dernier. Le deuxième chapitre contient la programmation et la conception du projet d'étude, tout en tenant compte des résultats des analyses précédentes.

La conclusion générale expose les conclusions tirées de ce travail, la réponse à la problématique posée et confirmation ou non des hypothèses proposées ainsi que l'avenir des solutions données pour les différentes mises en application.

IV. Structure du mémoire :

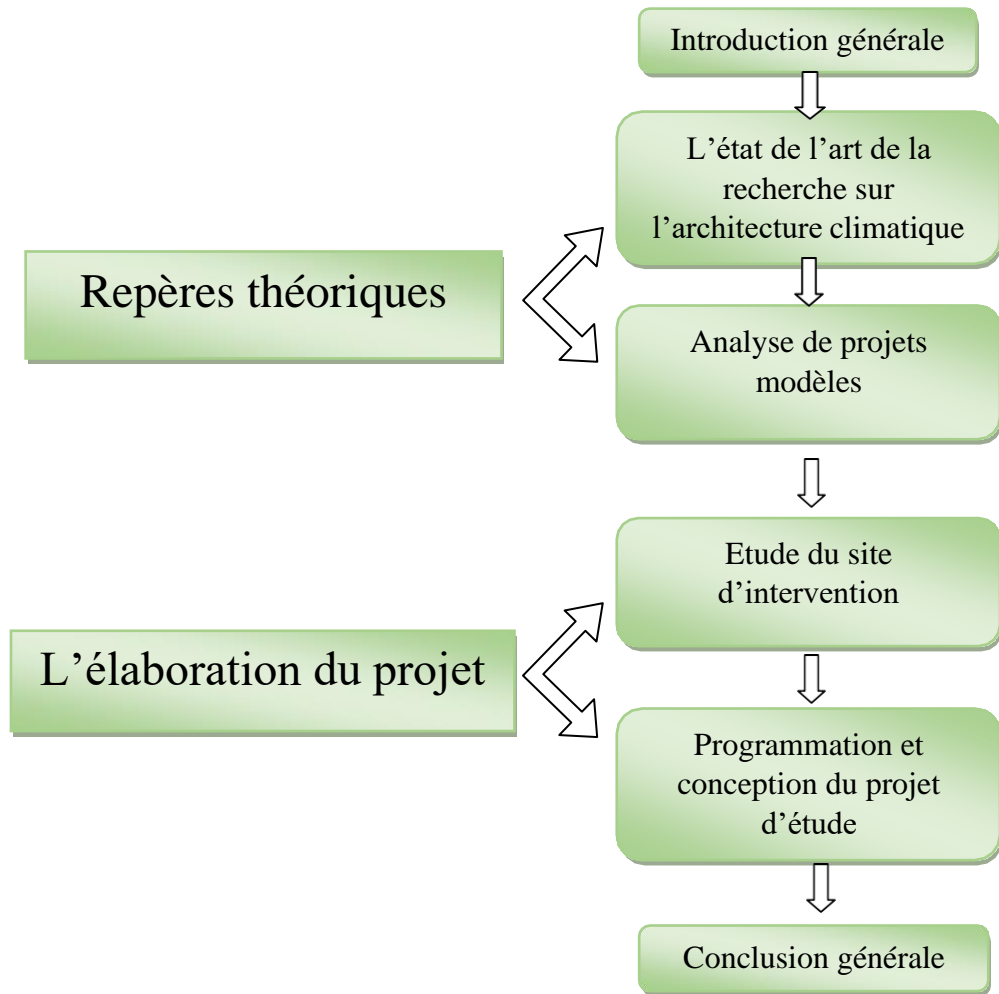


Figure 1: structure de mémoire.

Source : auteurs

I. Introduction :

L'architecture bioclimatique est une discipline de l'architecture qui allie l'environnement géographique et climatique avec les modes de vie des habitants pour optimiser le confort, la santé, tout en respectant l'environnement.(l'architecture bioclimatique., 2010)

Selon Joseph Belmont « L'architecture est déterminée par une série de facteurs dont un seul ne varie jamais, le climat. On s'est toujours protégé du climat de la même façon, soit en construisant des murs épais, soit en se mettant à l'ombre ». Pour survivre l'homme a appris à jouer avec la nature et ses manifestations. Son abri est ainsi marqué par des formes déterminées par les impératifs climatiques.

Le besoin de construire beaucoup, vite et pas cher, a engendré une rupture entre l'architecture, victime d'une nouvelle technologie de chauffage et de climatisation, et son environnement le plus proche. À cela s'ajoute le non-respect d'une meilleure conception architecturale soucieuse de la contrainte du climat omettant le fait que la connaissance des variables de ce dernier et leurs différentes combinaisons représente un principe essentiel dans la conception et le confort dans l'habitat.

II. Définition de l'architecture bioclimatique :

« L'architecture bioclimatique rétablit l'architecture dans son rapport à l'Homme("L'occupant") et au climat (extérieur et intérieur "les ambiances.)»(Liebard & De Herde, 2005)

L'architecture bioclimatique est l'art et le savoir-faire de bâtir en alliant respect de l'environnement et confort de l'habitant. Dans la conception d'une architecture dite bioclimatique, les conditions du site et de l'environnement (le climat et le microclimat, la géographie et la géomorphologie) ont une place prépondérante dans l'étude et la réalisation du projet d'architecture qui y est prévu(Bouveron, 2012)

II.1 Objectifs de l'architecture bioclimatique :

Son objectif principal est d'obtenir le confort d'ambiance recherché de la manière la plus naturelle possible en utilisant les moyens architecturaux, les énergies renouvelables disponibles et en utilisant le minimum de moyens techniques mécanisés et les énergies extérieures au site.

- Obtenir le confort recherché pour l'utilisateur grâce à des techniques de conception adaptées aux différentes saisons et différents climats ;
- Optimiser l'usage des ressources naturelles tout en réduisant l'impact environnemental du projet ;
- Minimiser la consommation énergétique tout en garantissant le même confort aux usagers.

Synthèse :

Comme le montre la (Erreur ! Source du renvoi introuvable. L'approche bioclimatique a pour objectif d'optimiser le confort des usagers tout en minimisant l'impact environnemental de l'activité architecturale.

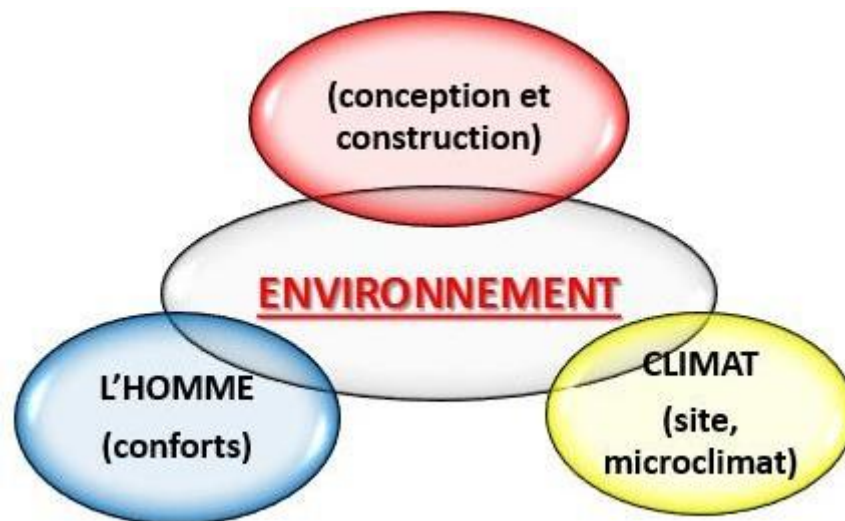


Figure 2: schéma de l'approche bioclimatique dans la conception architecturale.

Les stratégies de la conception bioclimatique

La conception bioclimatique consiste à tirer le meilleur profit de l'énergie solaire, abondante et gratuite. En hiver, le bâtiment doit maximiser la captation de l'énergie solaire, la diffuser et la conserver. Inversement, en été, le bâtiment doit se protéger du rayonnement solaire et évacuer le surplus de chaleur du bâtiment. (Figure 3: principes de conception bioclimatique)

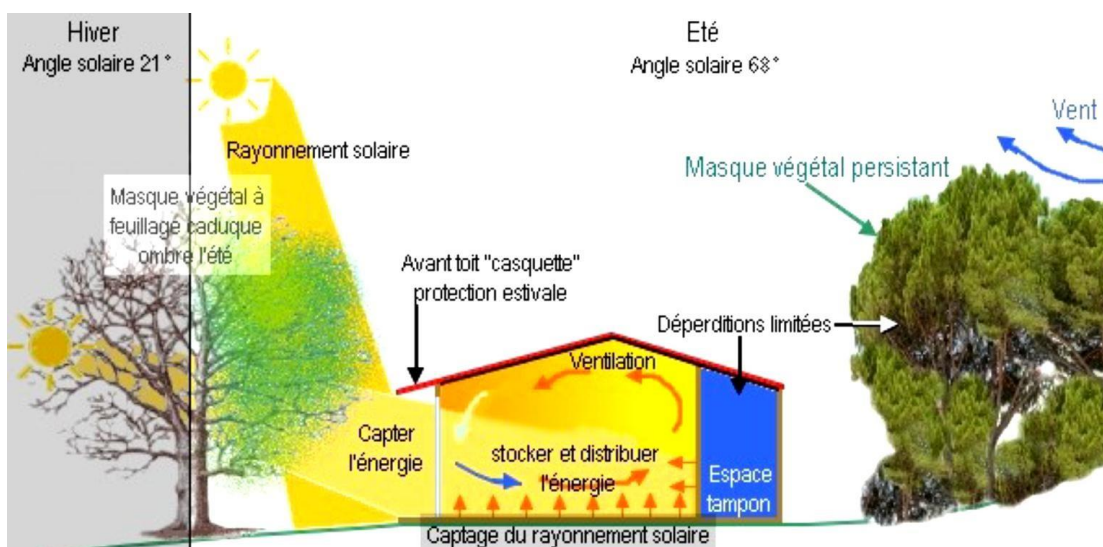


Figure 3: principes de conception bioclimatique

Source : <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/>

(Consulté le : 03/05/2019)

La conception bioclimatique s'articule autour des 4 axes suivants :

Capter / se protéger de la chaleur

En hiver en maximisant la surface vitrée au sud, la lumière du soleil est convertie en chaleur (effet de serre), ce qui chauffe le bâtiment de manière passive et gratuite. (Figure 5: stratégie adopter en période hivernale.

En été, la façade sud est la plus irradiée de rayonnement solaire (angle d'incidence des rayons haut jusqu'à 78°), Il convient donc de protéger les surfaces vitrées orientées sud via des protections solaires horizontales dimensionnées pour bloquer le rayonnement solaire. Sur les façades est et ouest, les rayons solaires ont une incidence moins élevée, Il conviendra donc d'installer des protections solaires verticales d'augmenter l'opacité des vitrages (volets, vitrage opaque) ou encore de mettre en place une végétation caduque. (Figure 4: stratégie à adopter en période estivale. (E-RT2012, 2012)

Transformer, diffuser la chaleur

Le bâtiment bioclimatique est conçu pour maintenir un équilibre thermique entre les espaces, diffuser ou évacuer la chaleur via le système de ventilation.

En façade sud, aussi bien en hiver (pour conserver la chaleur) qu'en été (conserver la fraîcheur), il faut prévoir des matériaux à forte inertie (granit, béton, briques de terre cuite lourdes, enduits de terre) ; des vitrages très performants (double ou triple vitrage) ainsi que des volets ou stores extérieurs thermiquement performants. (Bensalem, 2013)

Conserver la chaleur ou la fraîcheur

En hiver, une fois captée et transformée, l'énergie solaire doit être conservée à l'intérieur de la construction et valorisée au moment opportun.

En été, c'est la fraîcheur nocturne, captée via une sur-ventilation par exemple, qui doit être stockée dans le bâti afin de limiter les surchauffes pendant le jour.

De manière générale, cette énergie est stockée dans les matériaux lourds de la construction. Afin de maximiser cette inertie, on privilégiera l'isolation par l'extérieur. (E-RT2012, 2012)

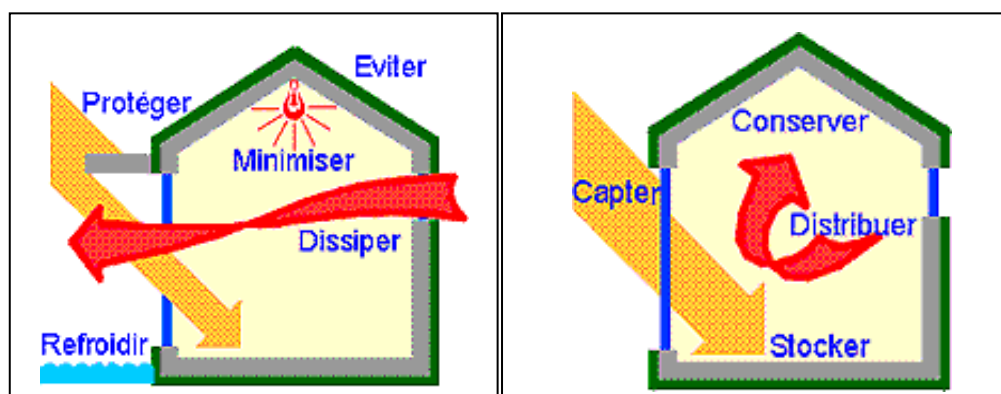


Figure 4: stratégie à adopter en période estivale.

Figure 5: stratégie adopter en période hivernale.

Source : Daniel Fauré, Architecture Ecologique Ou Climatique ? - 29 Mars 2007, Thermique Et Construction Durable

[file:///C:/Users/Fifi/Desktop/pdf/070618 Thermique et construction durable cours 7 Faure V1.pdf](file:///C:/Users/Fifi/Desktop/pdf/070618%20Thermique%20et%20construction%20durable%20cours%207%20Faure%20V1.pdf) consulté le 04/05/2019

Favoriser l'éclairage naturel

La réduction de la consommation d'éclairage des bâtiments est l'un des points essentiels de la conception bioclimatique. Afin de favoriser l'éclairage naturel, la surface et l'emplacement des fenêtres devront être intelligemment choisis, la forme des pièces devra favoriser la pénétration de la lumière.

Il faudra cependant ne pas en abuser. Si un espace est trop exposé à l'éclairage naturel, l'occupant sera ébloui et fermera les volets, pour allumer l'éclairage artificiel (E-RT2012, 2012). (Figure 6: stratégie de l'éclairage naturel.

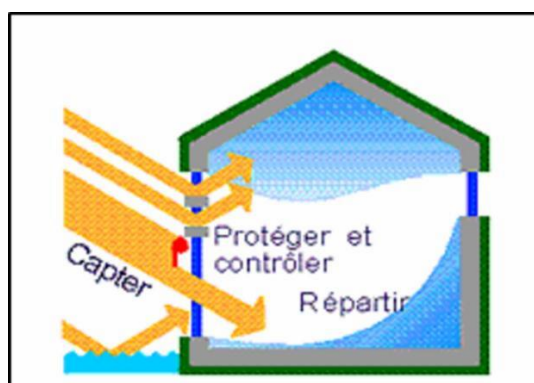


Figure 6: stratégie de l'éclairage naturel.

Source : Daniel Fauré, Architecture Ecologique Ou Climatique ? - 29 Mars 2007, Thermique Et Construction Durable

file:///C:/Users/Fifi/Desktop/pdf/070618_Thermique_et_construction_durable_cours_7_Faure_VI.pdf

(Consulté le 04/05/2019)

III. Evolution de la pensée bioclimatique

La conception bioclimatique n'était pas une notion récente, elle a déjà existé depuis des milliers d'années.

La période Antique et néolithique

L'habitat troglodytique (la caverne et l'igloo)

Elle a des exemples dans le monde entier (Europe du sud ; Turquie, Tunisie ; Chine...). Depuis la Préhistoire, l'habitat troglodytique est une architecture, rudimentaire ou somptueuse, présente dans différentes traditions consistant à aménager des habitats souterrains ou creusés dans le rocher à flanc de montagne. Les maisons troglodytiques sont généralement creusées dans des roches sédimentaires (calcaires, mollasse, grès, tuf, loess...) ou volcaniques (cendres, tuf...) sous tous les climats. Il se caractérise par la disparition de façade exposée et par une augmentation considérable de l'inertie thermique de l'enveloppe (selon son épaisseur et sa situation). (Gratté, 1985). (Figure 7: Les maisons troglodytes d'Andalousie (Figure 8: habitat troglodyte, site Ghofi, Algérie.

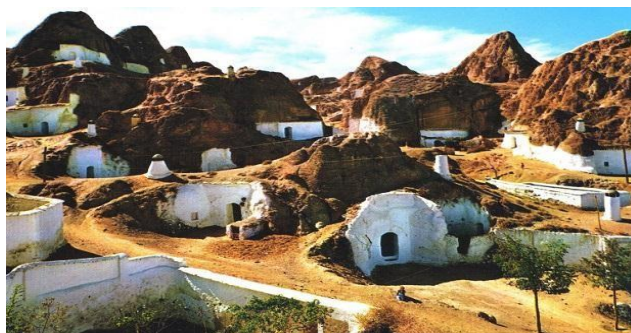


Figure 7: Les maisons troglodytes d'Andalousie

Source : <https://maison-monde.com/maisons-troglodytes-andalousie/>. (Consulté le 04/05/2019)

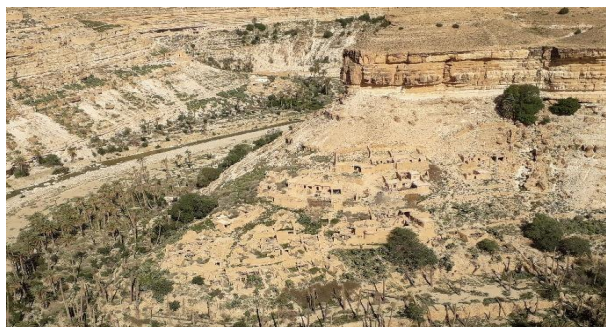


Figure 8: habitat troglodyte, site Ghofi, Algérie.

Source : auteur (17/04/2019)

L'igloo (du mot inuktitut "iglu", signifiant maison) ilse trouve généralement dans les régions a climat froid (enneigée à longueur d'année) est un édifice construit en blocs de neige et qui a généralement la forme d'un dôme.

Il a une excellente propriété isolante, l'intérieur est étonnement confortable. En effet, la température interne entre -5°C et 5°C , ce qui est relativement convenable compte tenu des températures extérieures (Figure 9: habitat type igloo..(l'igloo, 2011)



Figure 9: habitat type igloo.

Source : <https://fr.depositphotos.com/88701474/stock-photo-igloo-in-high-mountains.html>

La tour à vent

La tour à vent est un dispositif architectural traditionnel qui existe depuis environ 5000 ans et se s'est principalement développée dans les régions arides du Moyen-Orient.

C'est un élément d'architecture vernaculaire perse, utilisé depuis des siècles afin de créer une ventilation naturelle à l'intérieur du bâtiment (Sadough, 2007). Il apporte de l'air neuf, rafraîchi, parfois humidifié et participe à l'évacuation des chaleurs internes du bâtiment par la différence de pression entre le sommet et le bas de la colonne qui aide à remonter l'air chaud vicié vers le sommet et amène de l'air frais vers le bas (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)



Figure 10: tour à vent époque perse, Iran.

Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:BadGir.JPG>

Au Moyen Age : La maison à colombage

Il s'agit de la technique de construction la plus répandue dès le début du Moyen-âge qui répondait aux exigences urbaines naissantes. On trouve ce genre d'habitat principalement en Europe jusqu'au XIXe siècle. Les deux éléments qui constitue cette maison sont l'ossature bois et le colombage qui remplit et raidit le squelette ligneux. Il est constitué de briques crues recouvertes d'une couche de plâtre ou de torchis (mélange d'argile, de sable, de chaux et de fibres végétales) qui est un matériau isolant et surtout imperméable. Le soubassement de la maison est généralement en pierre afin d'isoler le bois de l'humidité(PEYROT & ISTIN, 2015). (Figure 11: La maison à colombage.



Figure 11: La maison à colombage

Source : <http://www.leonard-charpentes.fr/maison-colombage-2>. (Consulté 04/05/2019)

À partir du XIXe siècle jusqu'au choc pétrolier :

C'est l'essor de l'air industriel et les habitudes de vie vont être révolutionnées et que l'on commence à parler de confort moderne à l'occidental. C'est la standardisation des constructions dans le monde entier :

A la veille du premier choc pétrolier, nous sommes dans la situation suivante :

Une énergie bon marché (charbon, pétrole, gaz) ; l'essor et le développement de machines thermiques (réfrigérateur, centrale électrique, moteur à combustion...) et le développement de techniques de construction industrielle couplée avec la recherche de la seule performance Quantitative et économique (bâtiments en verre et acier, en béton à fabrication rapide et pas Cher).

Les matériaux sont de plus en plus faciles à acheminer d'un bout à l'autre de la planète, et la standardisation des constructions supprime de façon irrémédiable les bâtiments traditionnels et artisanaux. Durant la période des trente glorieuses¹, on assiste pleinement à la séparation entre la conception architecturale et la problématique thermique d'un bâtiment. Le choc pétrolier de 1973 met un terme dans un premier temps à tout cela en alourdissant la facture énergétique et la première réglementation thermique en 1974 s'adresse aux constructions neuves. Cependant, on décide de résoudre les déperditions de calories en isolant par l'intérieur avec des matériaux hautement toxiques et non durables telle que la laine minérale (Samaher, 2013) (Figure 12: cité le grand bleu. Architecte Georges Maillol, Rennes, France, 1958..

¹La période d'une trentaine d'années qui a suivi la fin de la seconde guerre mondiale en 1945, jusqu'au premier choc pétrolier de 1973. C'est pour les pays industrialisés occidentaux, une période de prospérité exceptionnelle se caractérisant par une forte croissance économique, le plein emploi, essor de la consommation et accroissement rapide du pouvoir d'achat. Source : www.toupie.org/dictionnaire/trente_glorieuses.htm (consulté le 03/05/2019).



Figure 12: cité le grand bleu. Architecte Georges Maillol, Rennes, France, 1958.

Source : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bretagne/2013/11/15/georges-maillols-l-honneur-des-journees-de-l-architecture-rennes-358509.html>

Depuis les années 1960-70 jusqu'aux années 2000

Conception architecturale avec les techniques du bâtiment

Dans les années 1960 aux États-Unis, un nouveau courant s'inspirant des œuvres en symbiose avec la nature de l'architecte Frank Lloyd Wright (début XXe siècle) fait son apparition (Figure 13: maison sur la cascade. Architecte : Frank Lloyd Wright. Ce courant s'oppose radicalement aux constructions dites conventionnelles et recherche plutôt l'utilisation de ressources naturelles locales et traditionnelles ainsi que des énergies naturelles telles que le soleil. Ces premiers militants de la construction alternative sont en général autodidactes et ont peu de moyens, mais ils assument une certaine aliénation du pouvoir politique.(PEYROT & ISTIN, 2015)

Les expériences se multiplient et se renforcent suite au choc pétrolier. Cette conception bioclimatique devient perceptible, il est encore trop tôt pour que les pouvoirs publics voient dans cette innovation du bâtiment une réelle débouché dans leurs commandes. Il faudra attendre le sommet de Rio en 1992 pour entendre enfin la notion de développement durable qui inclut développement économique et préservation de la planète suivie du protocole de Kyoto en 1997 qui a imposé la réduction des Gaz à Effet de Serre aux pays développés de 5, 2% d'ici 2012 par rapport à 1990. (PEYROT & ISTIN, 2015)



Figure 13: maison sur la cascade. Architecte : Frank Lloyd Wright

Source : <http://filigranne.blogspot.com/2014/03/fallingwater-frank-lloyd-wright.html>

(Consulté : 04/05/2019)

La conscience collective et une responsabilisation des citoyens

L'occident a réussi à imposer un mode de vie à l'échelle de la planète entière basé sur une technique qui a largement montré aujourd'hui ses limites : la production d'énergie à partir de machines thermiques en exploitant des ressources fossiles à quantité limitée et de façon non durable. Les conséquences désastreuses sont malheureusement bien connues, mais malgré tout, une prise de conscience collective émerge et pense qu'il est peut-être encore possible d'imaginer un futur désirable. Pour cela, il faut remettre en cause de façon radicale le mode de vie commun et cesser le gaspillage intempestif. À l'échelle individuelle, chacun repense son habitat et donc sa façon de vivre. Il devient urgent d'anticiper sur la raréfaction des énergies fossiles et donc de se tourner vers un confort plus sain avec des moyens et des techniques plus performantes et durables tout en préservant l'environnement (PEYROT & ISTIN, 2015).

IV. Les principes de l'architecture bioclimatiques :

L'implantation

L'implantation judicieuse d'un édifice est la tâche la plus importante de l'architecte.

Elle détermine l'éclairage, les apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, etc. Mais aussi les qualités de l'habitat : communications, vues, rapports de voisinage, etc. (Liebard & De Herde, 2005).

Les objectifs d'une bonne implantation sont :

- Réduction des consommations d'énergie relatives à l'éclairage artificiel et au refroidissement mécanique, et à contrôler l'accès à l'énergie solaire pour l'éclairage naturel ;
- Réduction et contrôle du rayonnement solaire ;
- Amélioration de la ventilation naturelle et du refroidissement naturel des surfaces externes du bâtiment (Ahmed Ali, 2012).

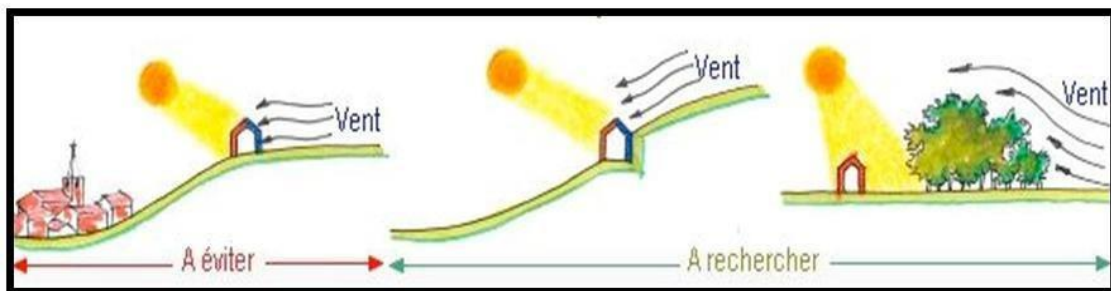


Figure 14: implantation à éviter et implantation à rechercher dans la conception d'un projet architectural

Source : <http://hebergement-touristique-durable.lenord.fr/architecture-bioclimatique.html>

La forme du bâtiment :

La forme du bâtiment est un élément très influent sur les interactions potentielles entre l'environnement immédiat et le bâtiment. Elle est manipulée pour chercher la performance énergétique en exploitant les paramètres climatiques favorables pour le confort humain (Gaouas, 2010)

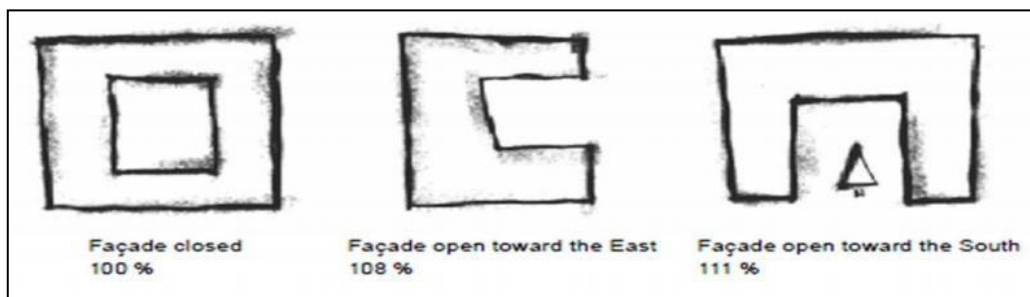


Figure 15: Analyse énergétique des formes de base de la construction

Source : Gaouas, OUSSAMA.2010 «Approches multicritères en conception bioclimatique et optimisation par le biais d'un langage architecturale.». Mémoire de magister en architecture. Biskra. Département d'architecture. P74

L'orientation

L'orientation d'un bâtiment répond à sa destination : les besoins en lumière naturelle, l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe, l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été, sont autant de paramètres importants dans le choix de l'orientation.

Parfois agréable l'été, le vent est toujours source d'inconfort l'hiver. Par conséquent, protéger les façades des vents froids est toujours souhaitable, voire prioritaire, pour minimiser la consommation de chauffage.

Le soleil intervient pour dispenser lumière et chaleur. Une orientation adaptée aux contraintes du bâtiment permet ainsi de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage.(Ahmed Ali, 2012)

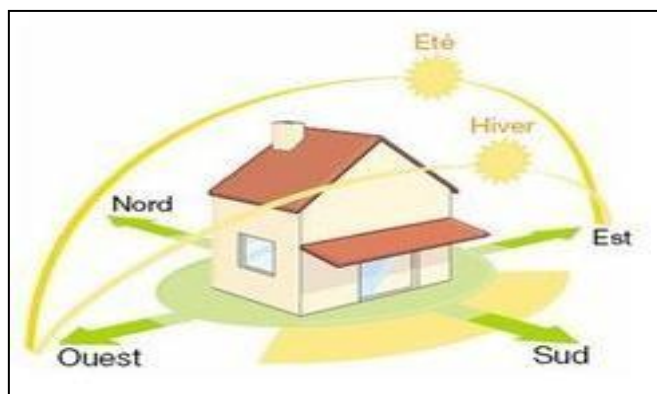


Figure 16: orientation et course du soleil pour un confort optimal.

Source : <http://www.axenancymetz.fr/utile/7-orientation.html>(consulté le 21/05/2019)

Les matériaux de construction :

Les matériaux reçoivent différemment le rayonnement selon leur degré de transparence ou d'opacité, leur couleur ou leur texture de surface. Mais ils ont aussi des caractéristiques thermiques particulières tenant à leur structure et à leur masse qui leur permettent de gérer différemment les apports calorifiques. Ces caractéristiques thermiques seront prises en compte dans la conception des parois d'un bâtiment bioclimatique, qui auront pour mission première selon les cas de capter, de stocker, de transmettre et/ou de conserver les calories (Mazari, 2012). Les meilleurs sont ceux qui ont une forte inertie car ils permettent le déphasage (restitution différée). Les atouts géographiques et les matériaux étant différents d'un lieu à un autre, il ne peut y avoir un modèle idéal de maison bioclimatique.

Isolation thermique

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle permet à la fois de réduire les consommations d'énergie de chauffage ou de climatisation (limite les déperditions en hiver et les apports de chaleur en été), et d'accroître le confort (maintien des températures et l'hygrométrie aux niveaux de confort d'été comme d'hiver et règle le problème de parois froides en hiver ou chaudes en été) (DIDA, 2016).

La végétation

La végétation participe à la protection solaire. Elle permet de stabiliser la température de l'air par rétention de l'eau dans ses feuilles et par évaporation de l'eau à leur surface. Elle apporte aussi un ombrage et crée un microclimat par évapotranspiration. Le choix de l'espèce est important car la qualité de l'ombre d'un arbre dépend de sa densité.

La végétation clarifie et met en valeur l'espace urbain. Elle assure la protection contre les vents, les radiations solaires et l'éblouissement (Figure 17: ombrage naturel. (Medjlekh, 2006))

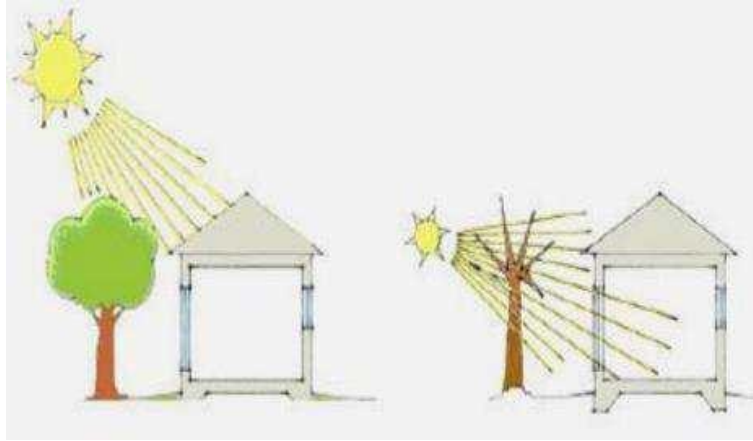


Figure 17: ombrage naturel

Source : Solaire passif, la maison solaire passive de A à Z [Eco-habitation. Canada],p17.

La ventilation naturelle :

La ventilation naturelle est l'élément indispensable à la réussite de tout bon projet passif. Le principe est simple : faire en sorte qu'il n'y ait qu'une seule issue pour l'air vicié et qu'une seule entrée pour l'air neuf afin de favoriser entre ces deux flux les échanges thermiques. En effet, L'air chaud à stagner en haut et l'air froid en bas (Abdou Oubaida, 2016). (Figure 18).

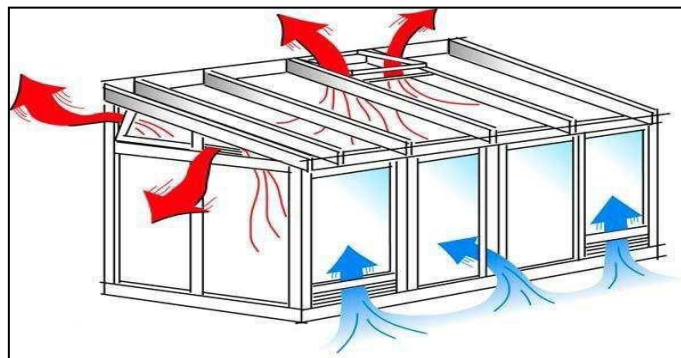


Figure 19 : ventilation naturelle.

Source :

<https://dl.ummo.dz/bitstream/handle/ummo/834/PG028.pdf?sequence=1&isAllowed=y><C:\Users\Fifi\Downloads\PG028.pdf>

V. Les dispositifs bioclimatiques :

La serre bioclimatique :

La serre bioclimatique ou serre solaire est un volume vitré capteur. Séparée de l'espace proprement dit par une paroi, elle peut au choix communiquer avec lui par desfenêtres, porte-fenêtre, vitrages coulissants... La serre bioclimatique est un espace tampon occultable.C'est un espace chauffant et non chauffable. Une serre bioclimatique a le même principe de fonctionnement qu'un mur capteur avec une différence dans l'épaisseur de la lame d'air dont la largeur constitue un espace habitabledans ce cas.Elle utilise les trois principes de transfert de chaleur : Conduction ; Rayonnement ; Convection.

Le chauffage et la climatisation sont assurés grâce :

- au rayonnement solaire ;
- à la capacité des matériaux à garder la chaleur ;
- à la circulation de l'air(Ben Belkacem & Iflis, 2017)

Il est préférable d'implanter une végétation à feuilles caduques sur le côté Sud pour une protection solaire efficace. En plus de ça, la serre ajoutant une touche esthétique la maison.(Abdou Oubaida, 2016)

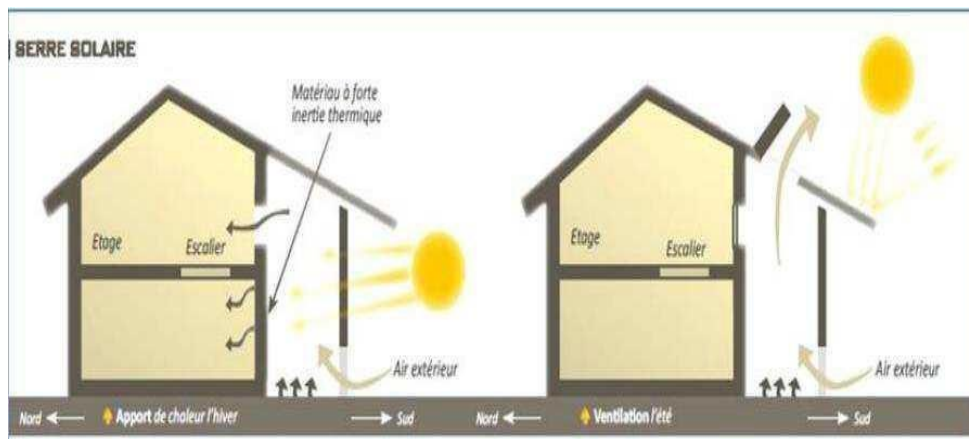


Figure 20: Principes de fonctionnement de la serre en été et en hiver.

Source : Conseil D'architecture, D'urbanisme Et D'environnement De La Seine-Maritime, [Caue@Caue76.Org - WwW.Caue76.Org]. [Ademe].

Les espaces tampons :

Ces espaces sont des locaux de services (buanderie, garages, celliers), situés au nord, exposés aux vents froids, peu chauffés et peu ensoleillés. Ils permettent de limiter les déperditions de chaleur en hiver et l'effet de surchauffe en été. Il est nécessaire de placer unisolant entre les espaces de vie et les espaces tampons (Abdou Oubaida, 2016).

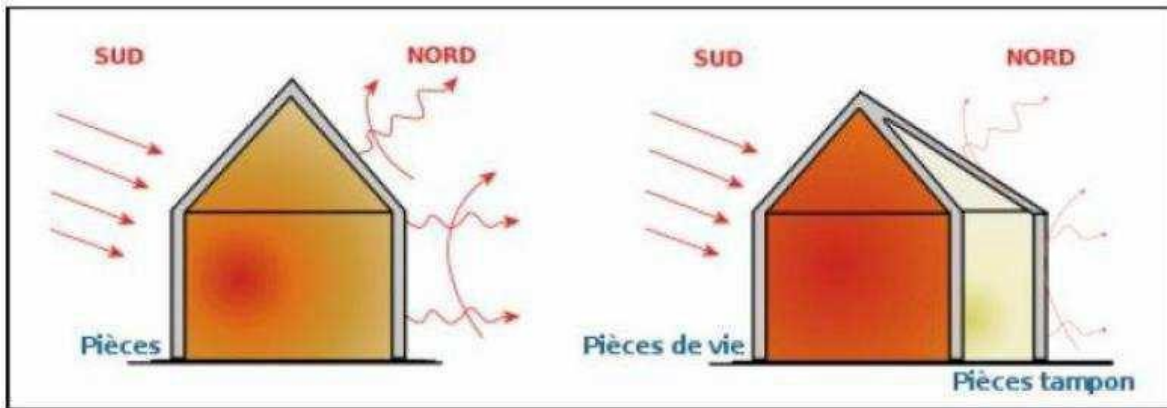


Figure 21: La protection du froid par les espaces tampons.

Source : Dorothee Tochon Fremont & Sebastien Viret, 2009/2010, Concept Passivhaus et étude de cas –

ENSAL. Présentation des labels passivhaus. Mémoire Formation QEB P : 36

Le puits canadien :

Le puits canadien est un système géothermique avant tout. Il consiste à utiliser l'inertie thermique du sol de manière passive pour traiter l'air neuf de renouvellement d'air de la maison, des bureaux, de la construction... Ce procédé consiste à refroidir l'air extérieur en le faisant passer à l'intérieur d'un circuit enterré dans le sol où la température est plus fraîche en été. Il peut également servir à réchauffer l'air extérieur pour le chauffage de l'habitation en hiver. En hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure. L'air froid est alors préchauffé lors de son passage dans ce circuit sous terrain. En été, de la même manière, l'air passant dans les tubes enterrés récupère la fraîcheur du sol et l'introduit dans la maison, même par $+30^{\circ}\text{C}$ extérieur, l'air peut arriver entre 15 et 20°C ! Dans ce cas, le puits canadien est appelé puits provençal (Le puits canadien en géothermie, 2019).

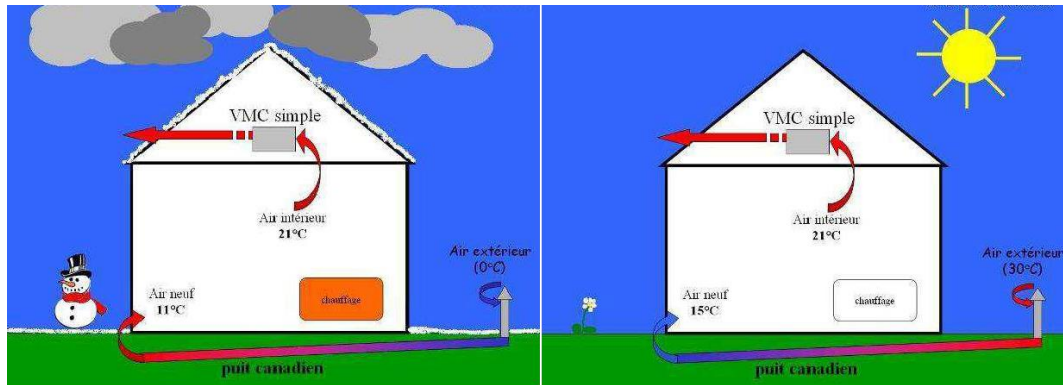


Figure 22: fonctionnement de puits canadien en hiver/été

Source : Site web : <http://www.ma-maison-environnementale.fr/lenergie/vmc-et-puits-canadien/>

Le mur trombe

Un mur trombe permet de chauffer gratuitement l'air d'une pièce, en utilisant l'énergie solaire. Ce genre de mur est constitué d'une partie maçonnée (en gris), et d'un vitrage disposé devant (Figure 23). Le soleil, qui émet un rayonnement très fort dans le domaine du visible, passe à travers la vitre transparente. Les rayons la traversent. Ils rencontrent alors la partie maçonnée du mur trombe. Cette dernière étant sombre, le rayonnement solaire visible est absorbé, le mur s'échauffe, et émet un rayonnement infrarouge. Le vitrage étant opaque aux infrarouges, le rayonnement est piégé entre le mur, et la vitre : c'est l'effet de serre. Ce phénomène permet de conserver une température élevée de la partie maçonnée qui sera exploitée au mieux. Idéalement, l'orientation du mur trombe doit permettre un ensoleillement maximum en hiver. Le mur étant bien souvent vertical, c'est au sud qu'il est le plus efficace à cette saison. (Simon, 2013)

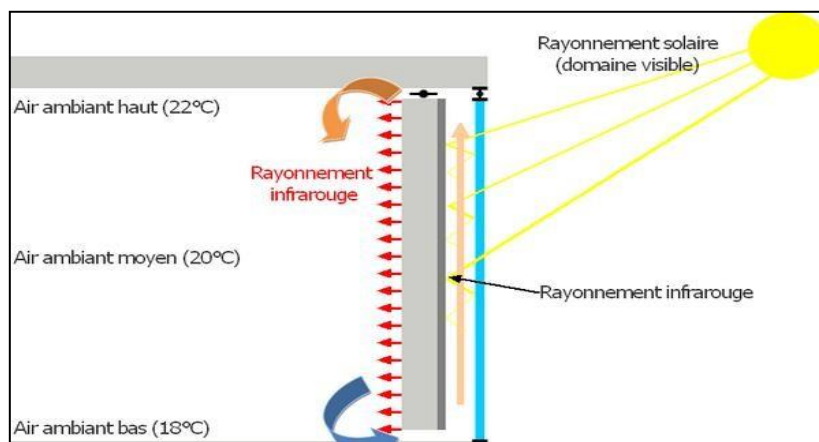


Figure 23: Mur trombe.

Source : <http://www.energieplanete.fr/conception-bioclimatique-mur-trombe.html>

Les façades doubles peaux :

Une façade double peau est constituée d'une paroi extérieure entièrement vitrée et d'une paroi intérieure souvent plus massive. Elle met en jeu l'ensemble des savoir-faire de la façade, esthétique ; détails d'accroche des peaux ; et performance énergétique. Elle est intéressante pour des orientations proches du sud, mais l'orientation ouest est à éviter pour cause de surchauffe. La façade double-peau applique le principe de l'effet de serre. Le rayonnement qui traverse les deux parois vitrées procure des gains solaires directs, qui seront éventuellement accumulés dans les sols et les parois intérieurs. Le rayonnement qui frappe les parties opaques de la double peau permet aux apports solaires d'être différés de quelques heures. Quant à l'espace intercalaire entre les deux peaux, il offre un effet tampon supplémentaire puisqu'il est échauffé par les déperditions vers l'extérieur de la paroi opaque : il réduit ainsi les pertes thermiques de l'enveloppe. Le renouvellement de l'air doit être assuré et les ouvrants intérieurs et extérieurs devront être conçus de manière à pouvoir être ouverts simultanément. (Liebard & De Herde, 2005).

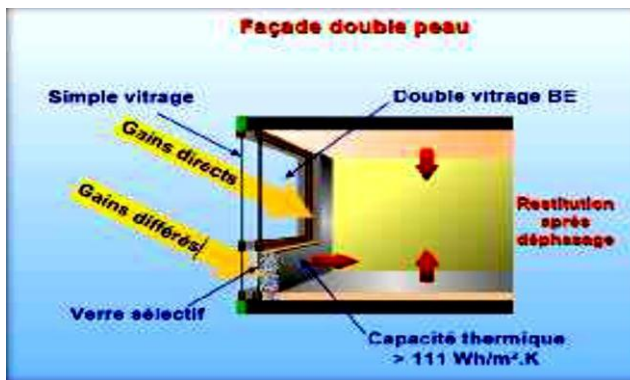


Figure 24: les éléments d'une FDP.



Figure 25: la façade double peau vue de l'extérieur.

Source :Guerram.G, Louafi.I, 2018, l'impact De l'enveloppe extérieure Du bâtiment tertiaire Sur Le confort thermique, mémoire de master en architecture option : architecture et durabilité P32.

La toiture végétalisée :

La toiture végétalisée consiste en un système d'étanchéité recouvert d'un complexe drainant, composé de matière organique et volcanique, qui accueille un tapis de plantes pré-cultivées. S'installant aussi bien sur une structure en béton, en acier ou en bois, elle offre une surface vivante qui change d'aspect en fonction des saisons et de la floraison des végétaux. A l'échelle du bâtiment, les toitures végétalisées permettent un meilleur confort

thermique et acoustique.(Les toitures végétalisées - Le principe du système, 2014). Ce système offre l'opportunité d'augmenter la présence du végétal en milieu bâti.

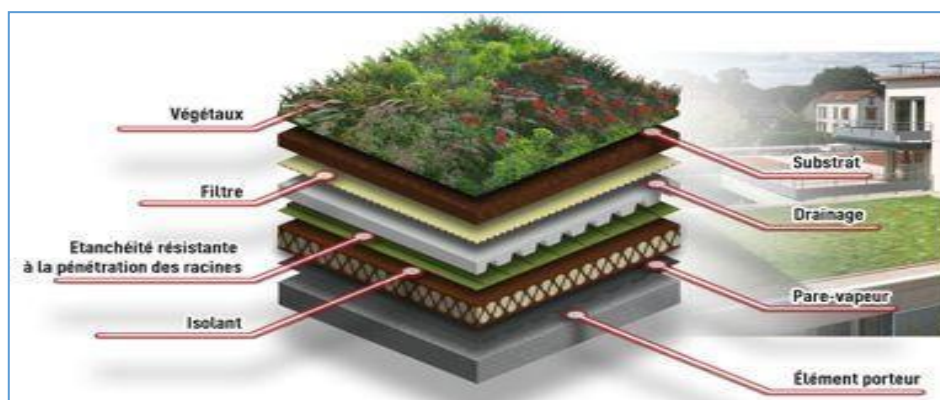


Figure 26: Les composants d'un toit vert

Source : <http://www.ma-maison-container.fr/toiture-vegetalisee/>

VI. Définition de la notion du confort

L'homogénéité de la température ambiante, le degré hygrométrique, et la vitesse de l'air, ...sont autant des paramètres qui conditionnent le bien être dans la maison. « Le confort dont la formule expressive et synthétique souvent entendue est "être bien chez-soi", le confort doit permettre ce bien être »(Bennadji, 1999). C'est l'état de l'épanouissement moral ou physique de l'individu. En fait le mot confort provient du mot anglais « comfort », apparue en 1816, contribue à la satisfaction et commodité de la vie matérielle. La crise de l'énergie à certain temps a fait passer au premier plan la réduction des coûts énergétiques. Mais à nos jours l'assurance du confort visuel, olfactif, acoustique et thermique ou hygrothermique est devenue l'instinct prépondérant pour tous les décideurs de la conception de l'habitat.(Medjlekh , 2006)

VII. Types de confort

Le confort thermique :

Désigne dans un espace l'ensemble des interactions entre l'occupant et son environnement ou l'individu est considéré comme un élément du système thermique. C'est l'élément essentiel du confort. Si l'homme peut s'adapter facilement aux autres types de confort, la plage de confort thermique est relativement faible, même en prenant en compte un habillement adapté à la saison. On peut considérer qu'il fait froid lorsque l'air

descend en dessous de 18°C et qu'il fait chaud au-delà de 25 à 26°C, la température idéale se situant autour de 20 à 22 °C . La température que nous ressentons, la température opérative, est la moyenne entre la température de l'air et celle de toutes les parois qui nous entourent (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Le chauffage permet de maintenir une température de l'air correcte alors que, seule, l'isolation permet d'assurer une température de paroi correcte. En jouant ce rôle, elle peut limiter considérablement les besoins énergétiques à tel point que tout système de chauffage classique devient inutile tout en assurant un meilleur confort thermique toute l'année.(Pupille, 2012)

Les paramètres affectant le confort thermique :

Paramètres liés à l'individu :

VII.1.1.1.1 L'activité physique :

C'est le métabolisme de l'individu qui produit une sensation de chaleur par le corps humain.

VII.1.1.1.2 L'habillement :

Permettent de créer un microclimat à travers leur résistance thermique, en modifiant les échanges de chaleur, entre la peau et l'environnement. Leur rôle essentiel est de maintenir le corps dans les conditions thermiques.

Paramètres liés à l'environnement :

Température de l'air :

Elle est mesurée à l'ombre. Elle est essentiellement influencée par l'ensoleillement, par le vent, l'altitude et la nature du sol.

Le vent :

Produit par les déplacements d'air à la surface de la terre, des zones de haute pression vers les zones de basse pression causée également par la topographie locale et la rugosité des surfaces.

Humidité de l'air :

Exprimée comme la pression de vapeur d'eau, influence le corps humain de façon directe et indirecte, provoque l'inconfort.

La vitesse de l'air :

Elle intervient dans la sensation de confort thermique de l'occupant dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s.

Précipitations :

C'est le volume total de pluie, grêle, neige ou rosée, mesuré par des pluviomètres et exprimé en millimètre par unité de temps (jour, mois ou année).

Rayonnement solaire :

Est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil.

On distingue trois types de rayonnement : Réfléchi, absorbé, diffusé.(Mazari, 2012)

Le confort tactile :

Il dépend essentiellement des températures de surface avec lesquelles il peut y avoir un contact direct et fréquent avec la peau. C'est notamment le cas des sols. Le confort est bon lorsque la température de paroi n'est ni trop froide ni trop chaude. Les ponts thermiques qui provoquent des zones froides en hiver et des zones chaudes en été doivent être évités. Les systèmes de chauffage par le sol doivent limiter les températures desol.

Les matériaux de finition doivent être faiblement conducteurs, comme les planchers bois, afin de limiter les écarts de température lorsque la qualité thermique est insuffisante. Ils doivent être plutôt conducteurs, afin d'homogénéiser les températures, comme le carrelage par exemple, lorsque les qualités thermiques sont bonnes comme dans les maisons passives. Dans ces constructions le confort tactile est amélioré du fait que les parois ont des températures très proches de celles de l'air et marcher pieds nus sur un sol de béton n'est plus systématiquement inconfortable. (Pupille, 2012)

Le confort phonique

Caractérisé par les affaiblissements acoustiques des parois, il dépend de la qualité des matériaux des façades et, essentiellement, de leur capacité à affaiblir les sons en provenance de l'extérieur. Ces matériaux ne sont pas forcément spécifiques aux constructions écologiques et, quand c'est malgré tout le cas, leurs caractéristiques physiques sont similaires à celles des constructions classiques. Dans les constructions passives, les épaisseurs d'isolation supérieures à celles habituellement pratiquées et l'usage

de plus en plus fréquent des triples vitrages peuvent améliorer les performances globales. (Pupille, 2012)

Le confort acoustique

Le son est la sensation auditive engendrée par la vibration d'un corps solide qui fait fluctuer périodiquement la pression de l'air au niveau du tympan de l'oreille et se propage sous forme d'ondes. Il dépend de la qualité des matériaux intérieurs de toutes les parois et, principalement, de leur capacité à réfléchir les sons. Les aménagements et le mobilier intérieur des espaces sont généralement suffisants pour limiter une réverbération des sons qui rendrait les locaux difficilement utilisables du point de vue acoustique. (Rebeyrol, les paramètres du confort dans l'habitat, 2008)

Cette onde peut être caractérisée : par son intensité, par sa fréquence, par son timbre ; et se propage dans toutes les directions à partir du milieu. La clarté du son dépend du chemin parcouru par l'onde sonore ; la géométrie du lieu détermine le temps de réverbération.

Le confort visuel

L'environnement visuel doit permettre de voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable. Un bon éclairage doit garantir à l'habitant qu'il puisse exercer ses activités le plus efficacement possible (performances visuelles), en assurant son bien être (confort visuel) et en lui apportant un certain agrément visuel (lumière naturelle). (Rebeyrol, les paramètres du confort dans l'habitat, 2008)

L'inconfort visuel est lié à l'éblouissement, c'est à dire à la présence d'un fort contraste de luminances dans le champ visuel. Ce sont le plus souvent des fenêtres et les installations d'éclairage inappropriées ou la variation rapide de l'intensité de l'éclairage naturel qui en est la cause. Un éclairage insuffisant dû à un éclairage déficient est source de fatigue.

En architecture, la lumière naturelle nous parvient par l'intermédiaire des fenêtres ou après réflexion des parois. La taille de la fenêtre détermine la quantité de lumière reçue. Sa position (haute, basse, etc...) et sa forme (verticale, horizontale) influent sur la diffusion et la répartition de la lumière, de même que l'état de surface des parois (couleur, brillance,...).

L'éclairage naturel dépend de la surface des baies vitrées, de leur orientation, de leur inclinaison et des protections solaires qui doivent être d'autant plus efficaces que les apports solaires sont plus importants. Les plus grandes surfaces des

vitrages généralement mis en œuvre dans les constructions bioclimatiques doivent aller de pair avec des protections solaires plus efficaces. La mise en œuvre de solutions bioclimatiques transforme les fenêtres en système de chauffage et d'éclairage capables d'assurer, à elles seules, une grande partie du confort thermique et visuel des maisons passives (Pupille, 2012)

Le confort hygrométrique :

Il est moins important que la température ressentie, mais peut provoquer des désagréments s'il n'est pas suffisant. L'air trop sec assèche la peau et les muqueuses en provoquant des toux sèches. L'air trop humide ne permet pas un assèchement suffisant de la peau et ne permet pas l'évacuation de la sueur.

Selon Lavigne, 1994, « le confort ne dépend pas seulement du paramètre température mais aussi de l'hygrométrie de l'air ambiant ». Reconnu comme une cible de la haute qualité environnementale¹, le confort hygrothermique est défini comme étant la sensation que ressent une personne par rapport à la température et à l'humidité ambiante du local où elle se trouve. Les tentatives d'objectivation du confort hygrothermique se sont appuyées sur des approches statistiques. Il en ressort des critères physiques supposés satisfaire une majorité d'individus. Ces critères sont principalement les températures de l'air et des parois, les variations spatiales de ces températures, l'hygrométrie de l'air, les vitesses de l'air (Pupille, 2012).

Certains spécialistes dans le domaine donnent des valeurs précises pour chaque facteur :

- Température des murs : 22 +2°C ;
- Humidité relative entre 40 et 60% ;
- Température du sol : 19 à 24°C ;
- Vitesse de l'air : inférieure à 0.15 m/s ;
- Différence de température entre deux murs d'une même pièce doit être inférieure à 10°C ;
- Différence de température entre le sol et le plafond doit être inférieure à 5°C.

¹La Haute Qualité Environnementale est une démarche qui vise à limiter à court et à long terme les impacts environnementaux d'une opération de construction ou de réhabilitation, tout en assurant aux occupants des conditions de vie saines et confortables. Elle prend en compte, dès la conception, toutes les interactions et tous les coûts générés par la construction durant toute sa durée de fonctionnement, de sa réalisation à sa démolition » (Labaume, 2005, p01)

Le confort olfactif et la qualité de l'air intérieur

Les odeurs provenant essentiellement des cuisines et des WC, les COV (Composés Organo-Volatils) libérés par les parois, les aménagements et équipements intérieurs ainsi que la vapeur d'eau issue de la préparation des repas et les douches peuvent être fortement réduits, c'est le rôle de la ventilation permanente, naturelle mais difficilement contrôlable ou celui plus rigoureux des VMC (ventilation mécanique contrôlée) simple ou double flux.(Pupille, 2012)

La qualité de l'air est importante pour les processus métaboliques et pour l'hygiène de chacun.

L'air que l'on respire en espace clos peut avoir des effets sur le confort et la santé :

- Simple gêne : odeurs, somnolence, irritation des yeux et de la peau ;
- Développement des pathologies, allergie respiratoire.

De nombreux polluants sont concentrés dans l'air intérieur :

- Proviennent de nos comportements ;
- Des produits utilisés ;
- Des matériaux de construction ;
- Les allergènes d'animaux, acariens, moisissures (Rebeyrol, les paramètres du confort dans l'habitat, 2008)

Les maisons bien isolées sont souvent étanches. L'air ne s'y renouvelle pas suffisamment et il est fréquent de constater que la pollution intérieure de l'air y est plus élevée qu'à l'extérieur. Il est impératif de ventiler et contrôler les sources de pollution.

Le confort psychologique :

Le confort n'est pas simplement une réponse à des conditions de températures et d'humidité, mais, une partie d'une interaction entre l'occupant et son espace.

D'une manière générale, L'aspect psychologique ou la sensation de confort et de bien-être est relative d'abord à des paramètres liés à l'occupant comme l'âge, le sexe, le poids, l'activité et comportement..., au données mesurables de l'environnement vécu (thermique, acoustique, ...) ainsi qu'à l'ambiance du local tel que la couleur, la texture des parois, la forme des espaces...etc.(Labreche, 2015)

Le confort adaptatif :

L'approche adaptative est basée sur les constatations des investigations menées dans des bâtiments in situ en construisant une large base de données sur les conditions thermiques qui règnent dans différents types de bâtiment, pour différents climats et régions, par la mesure des grandeurs physiques de l'ambiance thermique. Ces mesures sont accompagnées simultanément par les réponses subjectives des occupants sur la qualité de leurs ambiances thermiques. Les occupants indiquent, au moment de la mesure, leurs sensations thermiques sur l'échelle de l'ASHRAE (Figure 27: Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE Cette base de données est ensuite analysée par les méthodes de la statistique afin de déterminer la température ou une combinaison de variables (température, humidité et vitesse d'air) jugée neutre ou confortable par les occupants, ce qui permet de déterminer, par la suite, les conditions de confort thermique dans d'autres bâtiments dans des circonstances similaires.(Benhalilou, 2008)

-3	-2	-1	0	1	2	3
Très froid	froid	légèrement froid	Neutre	légèrement chaud	chaud	très chaud

Figure 27: Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE

Source : <https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BEN5278.pdf>

VIII. L'eau comme moyen de rafraîchissement des ambiances architecturales et urbaines :

VIII.1 INTRODUCTION

Dans les régions à climat chaud et sec, comme le sud de l'Algérie, la chaleur excessive est le principal problème d'inconfort thermique. Le refroidissement de l'espace est donc le facteur le plus souhaitable pour les usagers (Maalouf, 2007). La méthode courante dans ce type de climat consiste à refroidir l'air à l'aide de l'évaporation d'eau. Il a été conclu qu'une combinaison de refroidissement par évaporation et de ventilation variable peut rendre l'environnement interne d'un bâtiment plus confortable. Le principe de fonctionnement de ce système est basé sur la loi fondamentale de la thermodynamique : un liquide a besoin d'énergie pour s'évaporer et cette énergie est prise dans le milieu environnant.

VIII.2 Rafraîchissement à eau :

C'est une méthode de rafraîchissement de l'air basée sur l'évaporation de l'eau. L'air chaud et sec passe à travers un échangeur humide se refroidit naturellement.

Les systèmes évaporatifs peuvent être classés selon deux manières distinctes. La première classification repose sur le critère de contact ou non entre l'air à traiter et l'eau évaporée. On rencontre, selon cette classification, deux catégories de systèmes évaporatifs (direct et indirect).

La seconde classification s'effectue par rapport à la consommation énergétique des systèmes (utilisation ou pas d'éléments dissipateurs d'énergie tels que les ventilateurs, les pompes...). On les appellera systèmes « naturels » s'ils ne consomment pas d'énergies et systèmes « hybrides » si leur consommation énergétique est faible devant celle d'un climatiseur traditionnel.

VIII.3 Classification des systèmes de rafraîchissement par évaporation :

Le système naturel (passif) :

À l'échelle urbaine : VIII.3.1.1.1

Bassins, plan d'eau, rivières

Selon leur taille, les étendues d'eau stagnantes peuvent avoir un impact positif ou négatif sur l'ICU. Si l'effet est globalement positif pour des surfaces d'eau importantes, certaines surfaces d'eau immobiles de faible taille stockent de la chaleur et deviennent suffisamment chaudes pour réchauffer l'air pendant la nuit plutôt que contribuer à son rafraîchissement (ADEME & PCET, 2017).



Figure 28: bassin de rafraîchissement urbain.

Source : Solutions de Rafraîchissement Urbain Journée technique 27 juin 2017 https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/annexe3_fascicule.pdf

(Consulté le : 02/05/2019)

Le rafraîchissement par des fontaines

Le refroidissement moyen journalier (diminution des températures de l'air entre 2 et 7°C) engendré par ce type de dispositif semble cependant être supérieur à celui propre à l'humidification des chaussées. Certains paramètres d'ajustement peuvent influencer grandement sur les performances du dispositif.

C'est par exemple le cas de la taille des gouttes générées par les brumisateurs : certaines tailles n'engendrent aucun rafraîchissement tandis que d'autres diminuent la température de plusieurs degrés Celsius. (ADEME & PCET, 2017)



Figure 29: Fontaine, Water Fountain / Seattle Center / USA

Source : <http://footage.framepool.com/en/shot/237128337-seattle-center-cooling-down-refreshment-fountain-water>



Figure 30: brumisateurs, Quais de Seine, Paris Plage.

Source : Solutions de Rafraîchissement Urbain Journée technique 27 juin 2017 P08

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/annexe3_fascicule.pdf

(Consulté le : 02/05/2019)

Humidification des chaussées :

Cette méthode consiste à asperger les chaussées d'eau en périodes de forte chaleur. Cela permet de réduire la température nocturne jusqu'à 1°C contre quelques dixièmes de degrés pour la température moyenne journalière.(ADEME & PCET, 2017).



Figure 31: humidification de chaussée, Rue de la Buire, Lyon (Projet Véolia).

Source : Solutions de Rafraîchissement Urbain Journée technique 27 juin 2017 P07

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/annexe3_fascicule.pdf

(Consulté le : 02/05/2019)

À l'échelle architecturale :

VIII.3.1.2.1 Les toits évaporatifs

Les toits évaporatifs est composée de plusieurs couches : la première est une dalle de béton, sur laquelle est placé un lit de galets et d'eau qui est séparé de la couche supérieure en aluminium par une couche d'air (Figure 32: Système de toit évaporatif.

Pendant la journée l'eau associée aux galets sous l'effet de l'augmentation de la température, s'évapore. L'air dans la toiture non renouvelé et sa teneur en vapeur est limité donc il sera saturé. Pendant la nuit sa température diminue, l'excès de la vapeur se condense et tombe sous forme de gouttes d'eau sur la surface des galets ce qui favorise leur refroidissement. Les galets sont utilisés comme matériau de stockage de froid nocturne. (Benchikh, 2007)

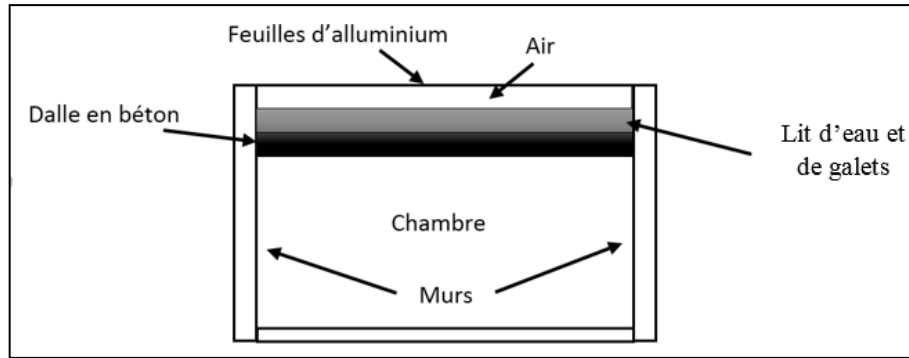


Figure 32: Système de toit évaporatif

Source : H.BENCHIKH, 2007, étude et réalisation d'un système de refroidissement passif en utilisant une toiture radio-évaporative dans les climats chauds et arides, doctorat en architecture, P53.
<https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BEN4865.pdf>

Le système hybride :

Les systèmes hybrides font appel à des éléments qui consomment de l'énergie sans cycle.

Il existe trois catégories de systèmes hybrides d'évaporation :

Les systèmes évaporatifs à atomisation :

Dans lesquels l'eau est réduite par pulvérisation en fines particules. Mélangées à l'air à humidifier, ces fines particules passent de l'état liquide (eau) à l'état gazeux (vapeur) en puisant la chaleur nécessaire à ce changement d'état dans l'air qui, en conséquence, se refroidit (Maalouf, 2007).

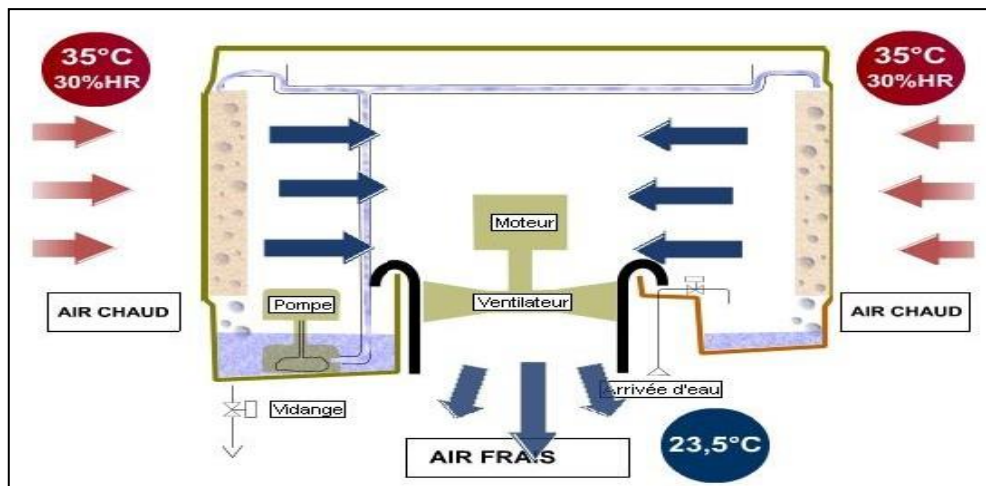


Figure 33: fonctionnement du système évaporatif à atomisation

Source : <https://www.airnov.fr/adiabatique.industrie.question>

Les systèmes à vaporisation par évaporation :

Dans lesquels l'on force l'air à entrer en contact avec de grandes surfaces mouillées. Il en résulte une vaporisation par évaporation d'une partie de l'eau, la chaleur nécessaire au changement d'état de l'eau étant là encore puisée de l'air qui subit en contrepartie un certain refroidissement. (Maalouf, 2007)

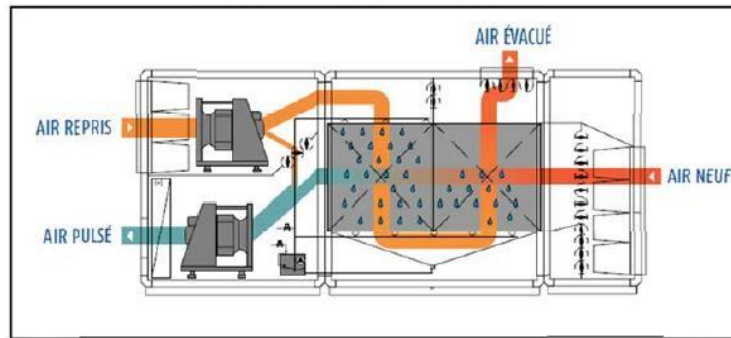


Figure 34: fonctionnement du système à vaporisation par évaporation

Source : <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=18253#c20966303>

Les humidificateurs à vaporisation par ébullition :

Dans lesquels la vapeur d'eau est directement injectée dans l'air. Cette vapeur étant produite soit dans un générateur à vapeur utilisé à d'autres fins (chauffage,...), soit dans un réservoir qui contient de l'eau et qu'on porte à ébullition.

Quel que soit le système d'humidification choisi, on doit apporter la plus grande attention aux questions de traitement de l'eau, de mode de fonctionnement du système et d'entretien (Maalouf, 2007).

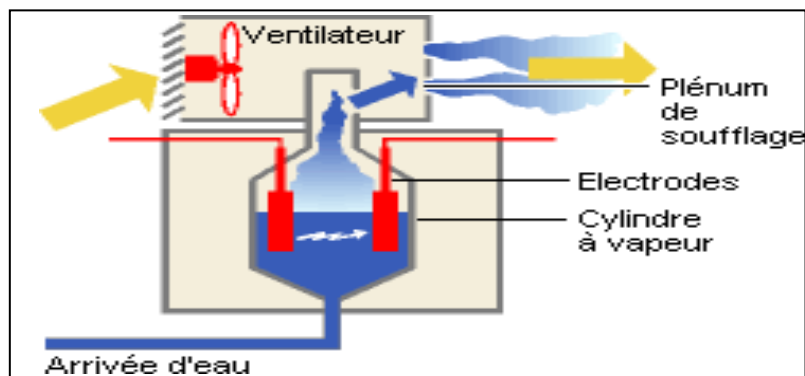


Figure 35: fonctionnement d'un humidificateur à vaporisation par ébullition

Source : <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11170#c1183>

VIII. 4 Système de rafraîchissement direct ou indirect :

Système direct :

L'air chaud et sec (1) qui passe à travers une canalisation humide se refroidit naturellement (Daouadji, 2017).

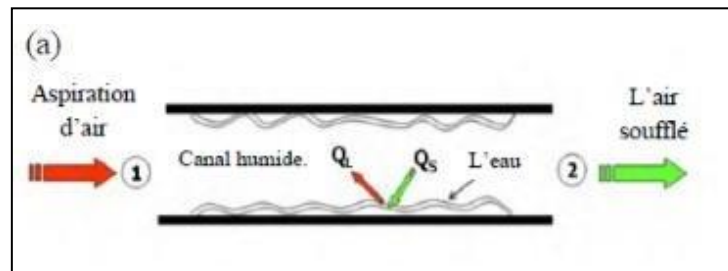


Figure 36: rafraîchissement par évaporation direct

Source : Y. DAOUADJI, 2017, évaluation d'un système de rafraîchissement passif dans les zones chaudes et arides par l'application d'un couplage puits canadiens et cheminée solaire, mémoire de magistère en architecture, option ville et architecture au Sahara, P35.

Système indirect (point de rosé) :

L'air aspiré (1) coule le long du côté sec pour perdre sa chaleur sensible sur le côté humide. L'air soufflé (2) est ce refroidisseur sans changement d'humidité, une certaine fraction de l'air soufflé, appelé l'air utilisé, est détourné dans le canal humide du côté bas du dispositif. La chaleur et le transfert de masse de l'évaporation de l'eau a lieu le long de chemin d'écoulement de l'air utilisé dans le canal humide. Finalement l'air de travail est évacué à l'extérieur (3) (Monshizade, 2012)

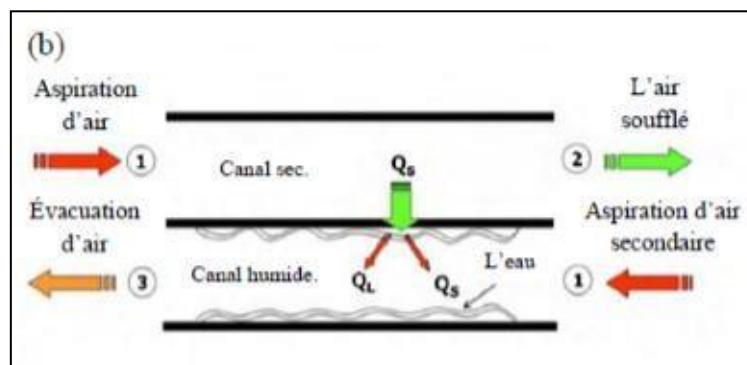


Figure 37: rafraîchissement par évaporation indirect

Source : Y. Daouadji, 2017, évaluation d'un système de rafraîchissement passif dans les zones chaudes et arides par l'application d'un couplage puits canadiens et cheminée solaire, mémoire de magistère en architecture, option ville et architecture au Sahara, P35.

IX. Conclusion

L'architecture bioclimatique trouve ses racines dans des savoir-faire remontant à plusieurs milliers d'années. Elle vise comme principal objectif l'optimisation du confort des usagers, cela en considérant les données du site (climat, topographie, ensoleillement,...etc.), afin d'en tirer avantage pour une conception architecturale optimale. L'orientation du projet vis-à-vis de rayonnement solaire est primordiale dans l'équilibre thermique du projet vu qu'on en tire profit en hiver et qu'on en se protège en été, cela relativement aux zones climatiques. Toute cette démarche étant toujours axée sur la minimisation de l'impact environnemental, allié à une réflexion d'économie énergétique favorisée.

Comme exemple des moyens passifs à disposition lors des conceptions : Le refroidissement par évaporation efficace pour faire face aux conditions extrême de chaleur, la présence permanente de l'eau dans un sol humide réduit considérablement les gains de chaleur.

I. Introduction

Le thème est l'un des points de départ d'une conception architecturale, il se doit donc d'avoir une connaissance et un maximum d'informations sur le sujet sur lequel on doit se baser. Ainsi, il s'agit d'élaborer un socle de données, déterminant le principe, l'évolution, les besoins du thème, ainsi que les activités qui s'y déroulent et les types d'espace qui s'y adaptent.

II. Choix du thème :

En se basant sur les potentialités agricoles de la ville de Biskra nous avons envisagé qu'un centre de recherche et de formation sur l'agriculture saharienne serait un projet adéquat à ce contexte.

Nous pensons que le projet pourra accueillir des chercheurs pour soutenir et développer les anciennes et nouvelles techniques agricoles et pourra aussi former des agriculteurs qualifiés. Le projet participera ainsi au développement de la ville et à la valorisation du quartier turc ainsi que la palmeraie abandonnée avoisinant le site.

La conception du projet doit être la vitrine d'une architecture respectueuse de son environnement en prenant en compte son microclimat et en appliquant des dispositifs bioclimatiques, minimisant ainsi son impact sur ce premier.

- centre de recherche et de formation :

Un établissement où sont regroupées plusieurs activités dédiées à la recherche et l'apprentissage qui permet à des personnes d'acquérir un savoir et un savoir-faire.

- Agriculture saharienne :

Elle désigne l'ensemble des savoir-faire et activités ayant pour objet la culture des sols en milieu aride.

Biskra est l'une de ces wilayas où la néo-agriculture saharienne (par opposition à l'agriculture oasienne traditionnelle) a connu un développement remarquable, particulièrement grâce aux cultures maraîchères sous serre (plasticulture) qui se sont

développées dans certaines parties de la wilaya, parallèlement à la phoeniciculture¹, sur des terres de parcours ou désertiques.

La plasticulture à Biskra a apporté un nouveau souffle à l'agriculture saharienne en permettant la diversification des systèmes de production agricoles et l'extension de la palmeraie.

III. Analyse des exemples :

Exemple 01 : Le bâtiment ICTA-ICP à Barcelone

Présentation du projet :

Le bâtiment ICTA-ICP est un centre de recherche en sciences de l'environnement et en paléontologie, situé dans le campus de l'Université Autonome de Barcelone (UAB) (Bella terra, Barcelone). Le bâtiment a une superficie de 7500 m² (6 niveaux).

Sa conception est basée sur la réversibilité et de la multifonctionnalité, de l'efficacité énergétique, de la maison passive, et de la serre et de l'agriculture intégrée au bâtiment. (creative construction conference, 2015)

Présentation de l'architecte :

H ARQUITECTES est une équipe composée des architectes :

David Lorent (ETSAV-UPC, 2000),

Josep Ricard (ETSAV-UPC, 1999),

Xavier Ros (ETSAV-UPC, 1998) ;



Figure 38: le bâtiment ICTA-ICP.

Source : <https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>



Figure 39: H ARQUITECTES.

Source : GOOGLE

¹ Culture de palmier-dattier.

Chapitre II Analyse des projets modèles sur l'architecture bioclimatique

Roger Tudor (ETSAV-UPC, 1999).

Ils combinent la pratique professionnelle avec l'enseignement universitaire dans les écoles nationales. Son travail a été exposé dans de nombreuses expositions et conférences en Espagne et à l'étranger.

Situation :

Le centre de recherche en sciences de l'environnement et en paléontologie est situé dans le campus de l'Université Autonome de Barcelone (Bella terra, Barcelone)(creative construction conference, 2015).(Figure 40: Situation du projet.)



Figure 40: Situation du projet.

Source : Google Earth

Plan de masse :

Le projet est d'une forme carré compacte implanté parallèlement à la voie qui dessert le bâtiment.(Figure 41: Plan masse.)

- Le projet
- Les limites du terrain
- Espace vert



Figure 41: Plan masse.

Source : Google Earth

Analyse des plans :

Plan du RDC

Le plan du RDC comporte un espace administratif (bureaux, salles de réunion), des laboratoires de recherches, des salles de cours et une cafétéria. Un open-space végétalisé, qui fait office d'une salle de lecture.(Research Center ICTA-ICP · UAB / H Arquitectes + DATAAE, 2015)(Figure 42: Plan du RDC.)



Figure 42: Plan du RDC.

Source : <https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>

L'étage courant

Les 3 étages abritent les bureaux et les laboratoires, destinés à la recherche.(Research Center ICTA-ICP · UAB / H Arquitectes + DATAAE, 2015)(Figure 43: Plan de l'étage courant.)



Figure 43: Plan de l'étage courant.

Source : <https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>

Au niveau du toit, une rangée de parcelles de légumes biologiques est entrecoupée de zones de repos pour le personnel et les étudiants.(Figure 44: Plan du dernier étage et les serres expérimentales.)

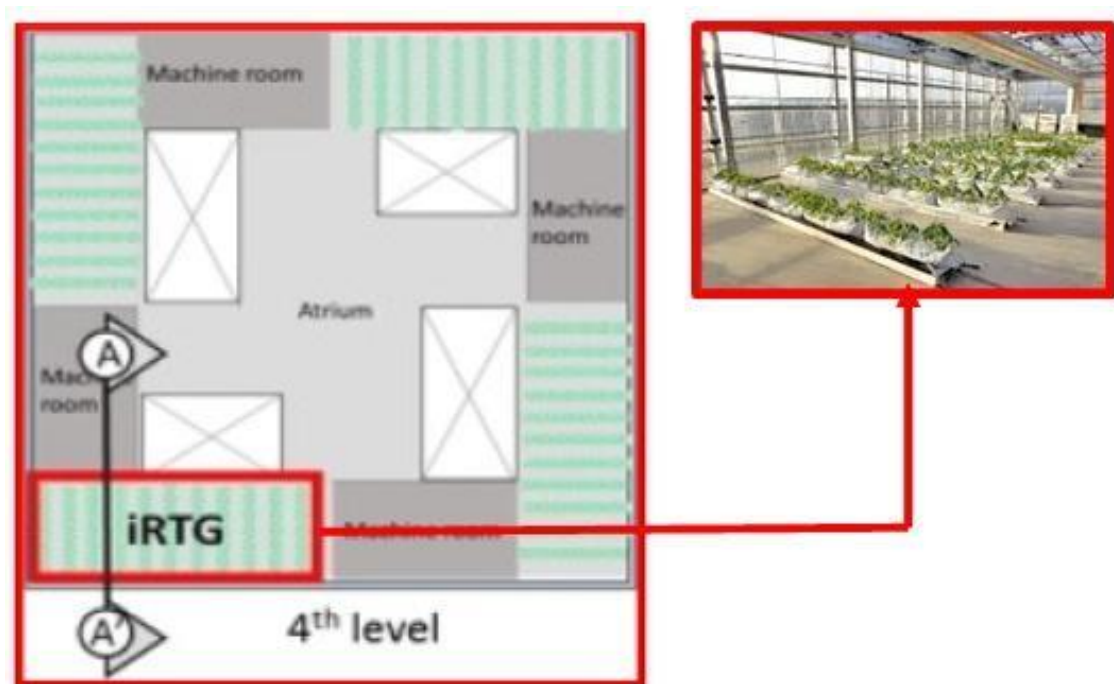


Figure 44: Plan du dernier étage et les serres expérimentales.

Source : <https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>

Chapitre II Analyse des projets modèles sur l'architecture bioclimatique

Le sous-sol abrite le parking et les salles des machines tandis que le 2eme sous-sol contient les entrepôts et autres laboratoires. (Research Center ICTA-ICP · UAB / H Arquitectes + DATAAE, 2015)(Figure 45: Coupe du projet.)

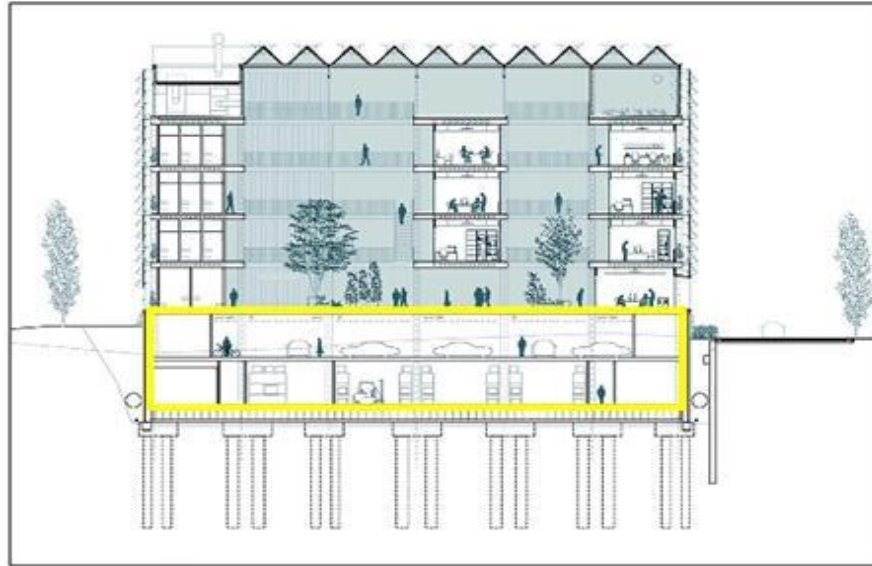


Figure 45: Coupe du projet.

Source : <https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>

Système constructif :

Le centre a une structure principale en portique en béton armé avec beaucoup d'inertie à quatre niveaux composée de colonnes sur place et dalles pleines.(Research Center ICTA-ICP · UAB / H Arquitectes + DATAAE, 2015)(Figure 46: Structure du projet.)

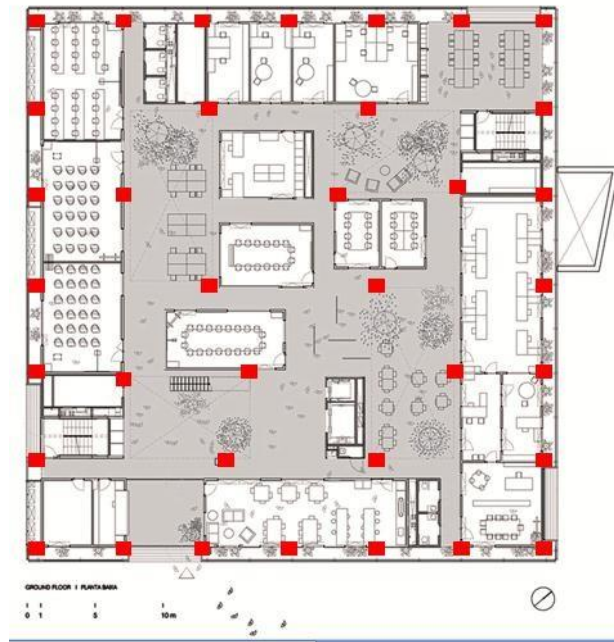


Figure 46: Structure du projet.

Source : <https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>

Analyse des façades

La structure en béton est enveloppée et protégée par une peau bioclimatique extérieure. En installant un système qui ouvre et se ferme automatiquement (Research Center ICTA-ICP · UAB / H Arquitectes + DATAAE, 2015). (Figure 47: Façade Est.)



Figure 47: Façade Est.

Source :
<https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>

Dispositifs bioclimatiques :

Le projet est doté d'un système programmé en faveur du comportement passif maximal du bâtiment et de la minimisation de l'utilisation de sources d'énergie non renouvelables. Le bâtiment réagit et s'adapte en permanence, s'ouvrant et se fermant, s'activant et se désactivant lui-même, réussissant à utiliser toutes les possibilités naturelles offertes par l'environnement. La perception du confort est donc beaucoup plus réelle, moins artificielle que d'habitude.(nadal, et al., 2017)

Les quatre patios et la double peau automatisée garantissent que tous les espaces de travail reçoivent la lumière du jour et une ventilation naturelle (Figure 48: stratégies du chaud et du froid.).

➡ Le bâtiment optimise l'ensemble du cycle de l'eau en réduisant la demande et la consommation grâce à la réutilisation des eaux de pluie, des eaux grises, des eaux jaunes et des eaux usées.

➡ Les planchers en dalle pleines sont dotés d'un système de tuyaux intégré pour le chauffage ou le refroidissement contrôlé également par un système informatique. En bas de la dalle, la masse thermique est activée par la géothermie.

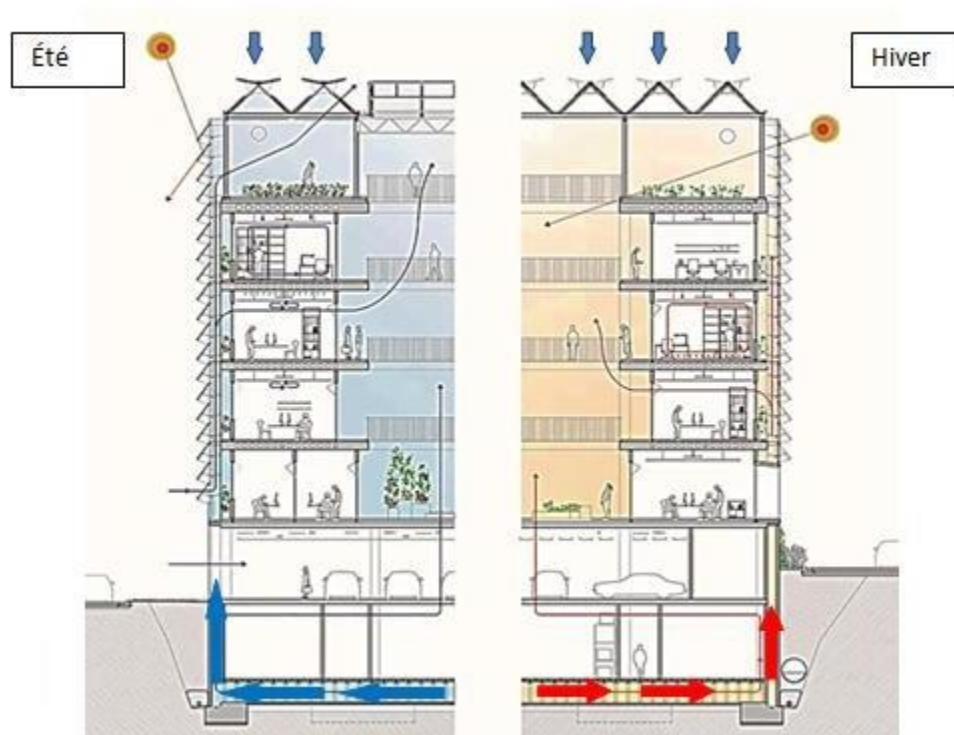


Figure 48: stratégies du chaud et du froid.

Source : Nadal A, Llorach-Massana P, cuerva E, lopez-capel E, Montero JI, Josa A, Rieradevall J, Royapoor M. building-integrated rooftop greenhouses: An energy and environmental assessment in the mediterranean. context. Applied energy 2017, 187, 338-351.

Dans les bureaux la ventilation est assurée soit naturellement par l'imposte de chaque côté de la pièce, soit par une ventilation mécanique contrôlée par un système informatique détectant la température et l'humidité dans la pièce. (Figure 49: Ventilation naturelle.)

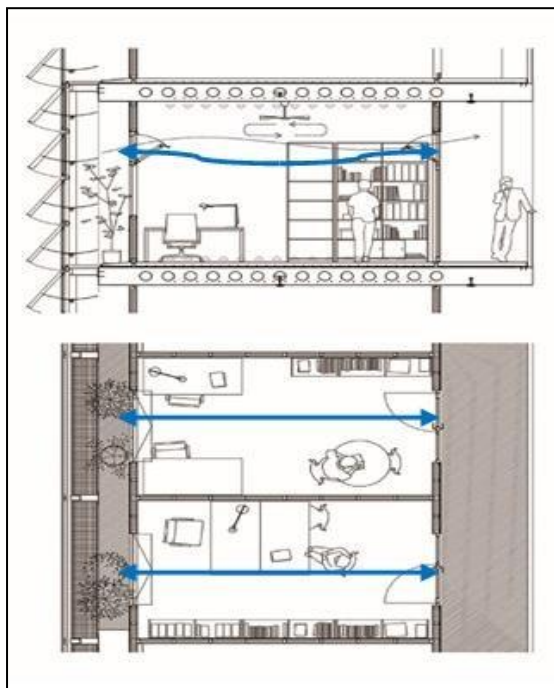


Figure 49: Ventilation naturelle.

Source : Nadal A, Llorach-Massana P, cuerva E, lopez-capel E, Montero JI, Josa A, Rieradevall J, Royapoor M. building-integrated rooftop greenhouses: An energy and environmental assessment in the mediterranean. context. Applied energy 2017, 187, 338-351.

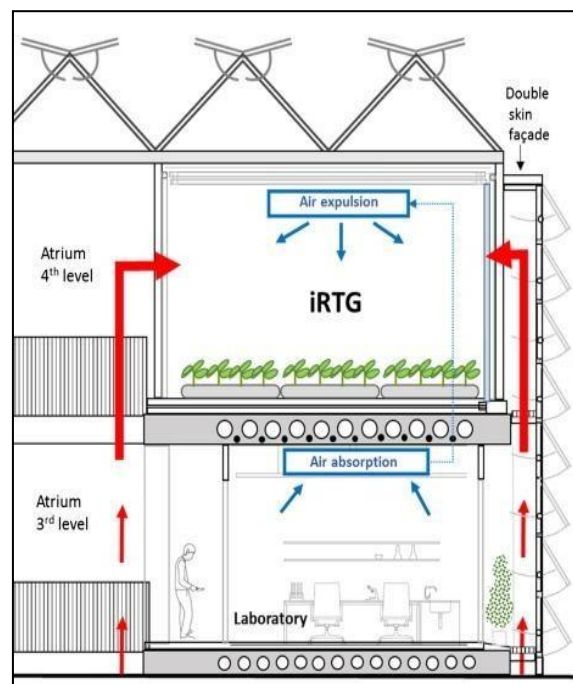


Figure 50: Régime du déplacement d'air.

Source : Nadal A, Llorach-Massana P, cuerva E, lopez-capel E, Montero JI, Josa A, Rieradevall J, Royapoor M. building-integrated rooftop greenhouses: An energy and environmental assessment in the mediterranean. context. Applied energy 2017, 187, 338-351.

➔ Régime de déplacement facilité par des patios et une cavité de façade à double peau permettant à l'air chaud d'entrer dans la serre.

➔ Ventilation de l'air chaud extrait des laboratoires et acheminé mécaniquement vers la serre. (Figure 50: Régime du déplacement d'air.)

Ambiances intérieurs :

Au milieu du bâtiment, quatre patios verticaux, avec des escaliers reliant les différents niveaux, ils garantissent l'éclairage et la ventilation dans tous les espaces de travail. Les patios abritent différentes espèces de plantes améliorant le confort grâce à l'évapotranspiration.(Sanyé-Mengual, Solà, & Rieradevall, 2015)(Figure 51Ambiances intérieurs : Patio)



Figure 51Ambiances intérieurs : Patio

Source: Article in the international journal of life cycle assessment mars 2015

La séparation intérieure est faite en bois avec des ouvertures en verre praticable pour améliorer les conditions du confort aux espaces de travaux. (Figure 52: Ambiances intérieurs : espace de travail.)



Figure 52: Ambiances intérieurs : espace de travail.

Source: Article in the international journal of life cycle assessment mars 2015

Programme :

Type d'espace	Espace
Espace administratif	Bureau Salle de réunion Sanitaire
L'espace de recherche	Laboratoire Serre
L'espace de formation	Salle de cours Salle de lecture
Espace de détente	Cafétéria Zone de repos
Espace de service	Parking Salle machine Entrepôts

Exemple 02 : Jacobs Institute for Design Innovation

Présentation du projet :

«L'innovation en matière de design commence par poser les bonnes questions et finit par changer le monde.» - slogan de Jacobs Institute.

L'Institut Jacobs pour l'innovation en design de l'Université de Berkeley se consacre à l'introduction de l'innovation en design durable au centre de la formation en ingénierie et de la vie universitaire.

Le projet a été conçu par le Collège of Engineering comme un pôle interdisciplinaire pour les étudiants et les enseignants de l'université qui travaillent au carrefour du design et de la technologie. Il est conçu à la fois comme un espace éducatif collaboratif et un symbole pour la région de l'engagement de l'université en faveur de l'innovation durable (Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016).



Figure 53: l'institut Jacobs.

Source :

<https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f11de58ecf8b4000327-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-photo>

Fiche technique :

- Propriétaire du projet : Université de Californie, Berkeley ;
- Architecte: Leddy Maytime Stacy Architects;
- Date d'achèvement du projet : Septembre 2015 ;
- Contexte / cadre du projet : urbain ;
- Type de projet : Education - Collège / Université ;
- Surface brute du bâtiment ou du projet : 2233 m² ;

Situation du projet

L'institut Jacobs pour l'innovation de conception se situe à la limite nord de l'université de Californie dans la ville de Berkeley, dans la région côtière intérieure au nord de l'état.(Figure 54: Situation du projet.)

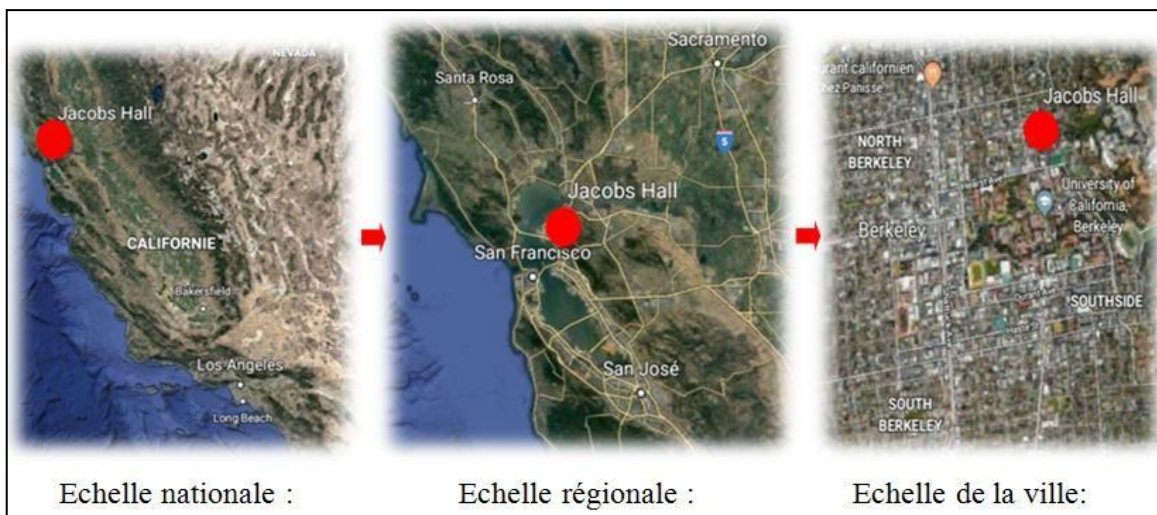


Figure 54: Situation du projet.

Source : <https://earth.google.com/web/@37.8760227,-122.2588207,116.99164878a,812.91145492d,35y,0h,45t,0r/data=CIaAThJGciUweDgwODU3YzIzY2NmYmJmNDk6MmHgYzWMyNjEzYWRIZmQ4MzU0Gd2GB4Mh8EJAiCiBsoSQkF7AKgtKYWNvYnMgSGFsbBgCIAEoAigC>

Axe de conception

Le projet réaménage un site sous-utilisé. Sa conception efficace minimise l'espace de circulation ou de service tout en maximisant l'espace d'apprentissage flexible(The American Institute of Architects, 2016).

Accessibilité et voisinage :

Anciennement un terrain de volley-ball, il se situe à la limite nord du campus. Deux bâtiments d'ingénierie de 4 étages bordent le site à l'ouest et au sud. Des résidences et des immeubles d'habitation bordent la rue au nord. (Figure 56)

Le nouveau bâtiment ne dispose d'aucun parking, à l'exception d'un espace de stationnement dans la rue accessible aux personnes à mobilité réduite. L'accès à

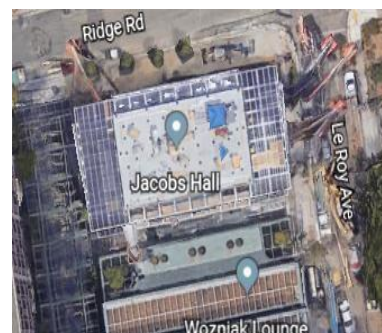


Figure 55: plan de masse du projet.

Source : Google Earth

l'immeuble se fait à pied, à vélo et en transport en commun (The American Institute of Architects, 2016)

1) Analyse des plans :

Plan du RDC

Le plan du RDC dispose principalement d'un open-space et d'un espace technique relié aux autres étages par deux escaliers et un ascenseur (Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016).



Figure 56: plan du RDC.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f58ee58ecef8b400033d-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-1st-floor-plan>

Plan 1er étage :

Le 1^{er} étage dispose d'un open space aménagé en salle d'étude, un espace technique, des bureaux et une terrasse extérieure (Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016).



Figure 57: Plan du 1er étage.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f58ee58ecef8b400033d-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-1st-floor-plan>

Plan 2eme étage :

L'open space au 2eme étage est aménagé en salle d'enseignement, il dispose aussi de bureaux, l'espace technique et une passerelle qui relie le projet avec le bâtiment d'ingénierie(Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016).



Figure 58: Plan du 2ème étage.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f58ee58ecef8b400033d-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-2st-floor-plan>

3eme étage :

L'étage comporte la salle de conférence et les salles de réunion en plus de l'espace technique(Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016).



Figure 59: Plan du 3ème étage.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f58ee58ecef8b400033d-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-3st-floor-plan>

Analyse de façade

Façade nord

La conception met l'accent sur la transparence et s'ouvre au soleil pour profiter de la lumière naturelle (Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016).

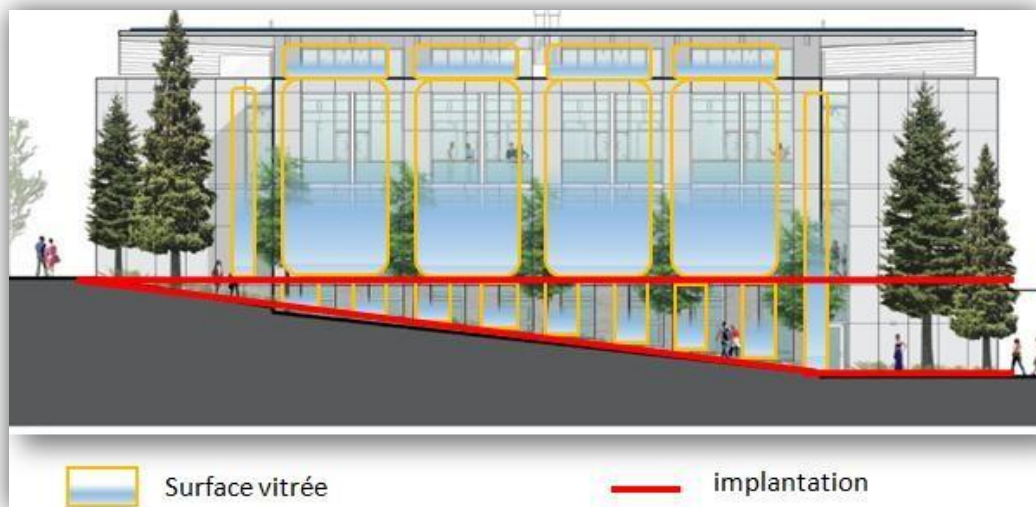


Figure 60: Façade nord.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f582e58ecef8b400033c-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-south-elevation>

Façade sud

La façade s'ouvre au soleil dans le but de profiter des avantages de la lumière naturelle, et favoriser la connexion avec la cours extérieur, les terrasses et l'université.(Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016)

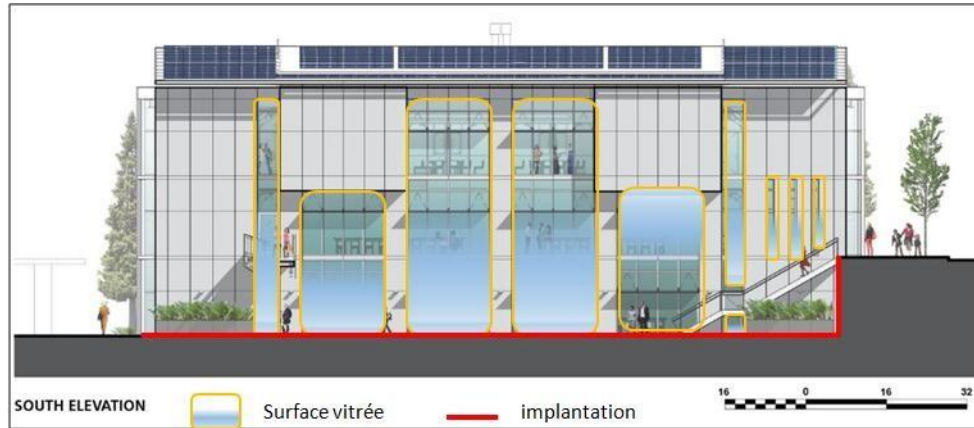


Figure 61: Façade sud.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f582e58ecef8b400033c-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-south-elevation>

Façade est

Les façades est et ouest sont également à dominance du vide, toujours dans le but d'une captation maximale de la lumière naturelle.

Certaines surfaces sont munies de brises soleil afin de limiter l'impact des rayons (Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016)



Figure 62: Façade Est.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f548e58ecef8b400033a-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-east-elevation>

Analyse bioclimatique :

Le projet est conçu pour dépasser l'objectif d'engagement AIA 2030, en utilisant 90% d'énergie en moins que la moyenne nationale pour les bâtiments universitaires. L'efficacité énergétique intégrée détermine la forme et l'aspect général du bâtiment, notamment une volumétrie simplifiée, une peau haute performance et un réseau

photovoltaïque en porte-à-faux(Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016).



Figure 63: l'efficacité énergétique dans le bâtiment.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f5d3e58ecef8b4000340-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-diagram>

Circulation :

Le bâtiment a été conçu avec une accessibilité à plusieurs niveaux pour faciliter la circulation et en faire un lieu de référence pour la créativité pour le milieu universitaire. Il ne possède pas de parking et est accessible uniquement à pied, vélo ou transport en commun.

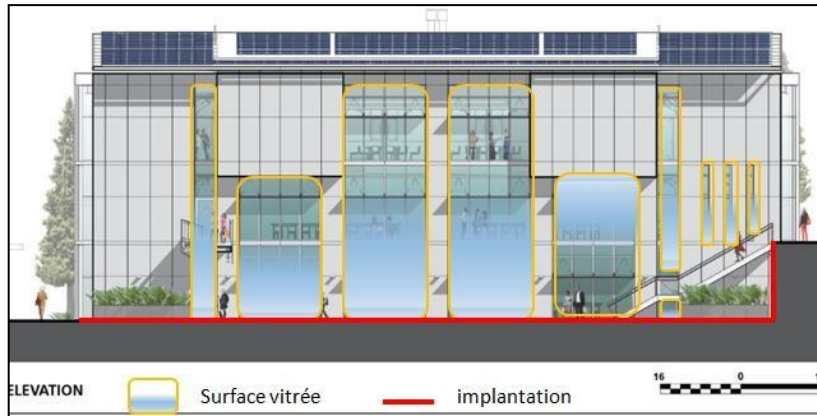


Figure 64 : accessibilité.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f5e9e58ecef8b4000341-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-site-plan>

Orientation

Le site est situé dans le climat marin chaud de la région côtière de la Californie du Nord. Le Soda Hall adjacent s'éloigne du site, offrant un excellent accès solaire. Etcheverry Hall, sur quatre étages, à l'ouest du site, le protège partiellement des vents saisonniers et du soleil de l'Ouest. Le bâtiment fait pleinement appel à ce climat et à ce site, bénéficiant des systèmes naturels tout en garantissant un confort thermique pour les étudiants.

Il est orienté sur un axe est-ouest pour un bénéfice solaire optimal. Cela crée une cour ensoleillée et protégée du vent au sud, tout en améliorant l'accès du bâtiment au chauffage solaire passif, à la lumière du jour, à la ventilation naturelle et à un continuum d'espaces intérieur / extérieur au premier étage. (The American Institute of Architects, 2016)



Figure 65: Orientation.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f5e9e58ecef8b4000341-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-site-plan>

Implantation et volumétrie :

La volumétrie du bâtiment est très compacte afin de limiter au maximum les déperditions thermiques pouvant être générées par plus de surface de contact avec l'extérieur



Figure 66: Volume du projet.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f5e9e58ecef8b4000341-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-site-plan>

Ventilation et lumière :

Le bâtiment a été conçu avec des espaces traversant et ouverts les uns sur les autres afin de permettre le renouvellement naturel de l'air par les ouvertures parallèles.

Pour le cas de manque d'aération naturelle, le bâtiment est muni d'un système de ventilation mécanique.

Sa conception intègre également le concept de transparence, mettant l'accent sur les grandes ouvertures afin de profiter de la lumière du jour.

Les pare-soleil intégrés gèrent les charges internes, la lumière du jour dans les studios et maintiennent un confort visuel et thermique (The American Institute of Architects, 2016).

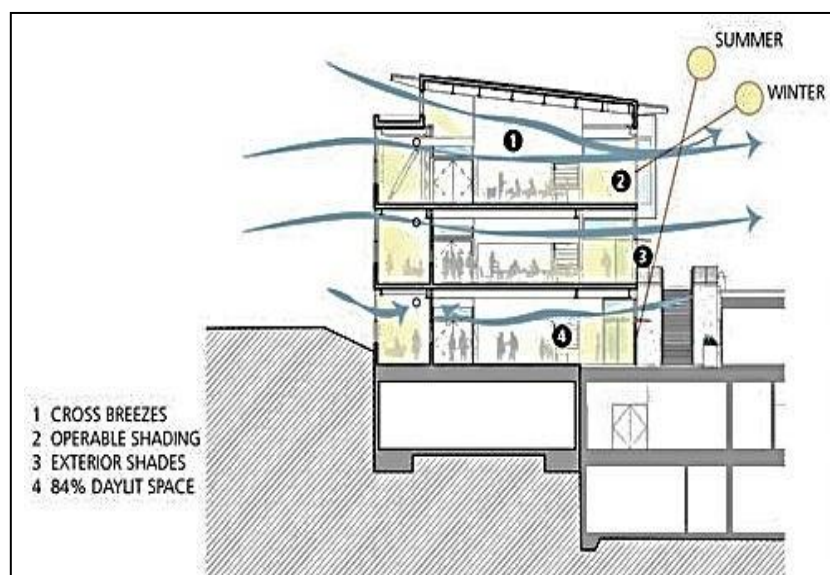


Figure 67: Ventilation naturelle et protection solaire.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f5b3e58ecef8b400033f-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-diagram>

Cycle de l'eau :

Le bâtiment est doté d'un système de récupération des eaux pluviales du toit qui est entièrement redirigées vers les petites zones végétalisées au nord du bâtiment.(Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects, 2016)

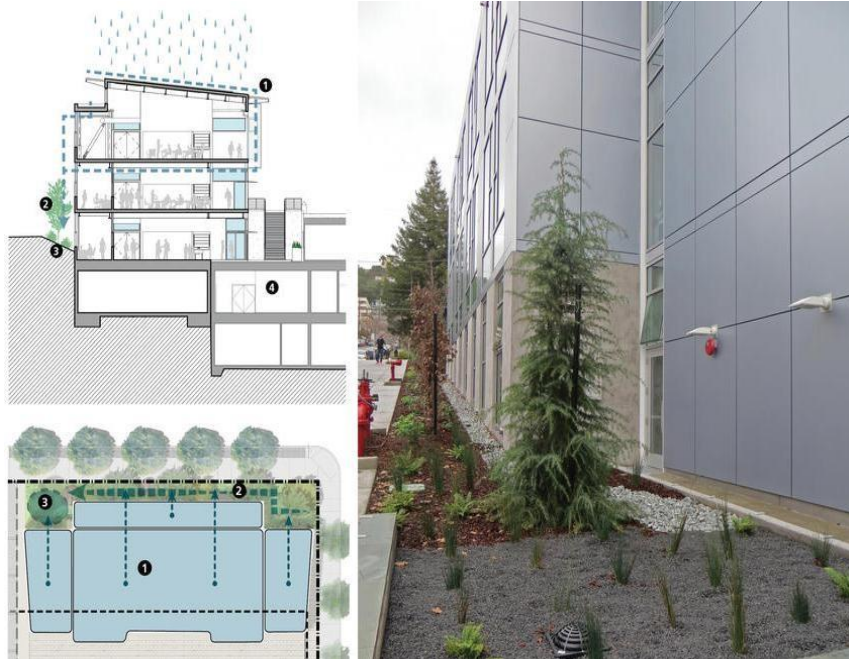


Figure 68: Gestion des eaux pluviales.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f5f9e58ecef8b4000342-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-diagram>

Dispositifs mécaniques

Le bâtiment est équipé d'un système de ventilation mécanique, et de radiateurs de chauffage.

Un groupe photovoltaïque en porte-à-faux est orienté plein sud pour capter au mieux les rayons solaires tout au long de l'année(The American Institute of Architects, 2016).



Figure 69: les panneaux photovoltaïques sur la façade Sud.

Source : <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects/57e1f5c1e58ecebef80007db-jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects-diagram>

Ambiances intérieures :

Les espaces sont ouverts et flexibles, favorisant l'interaction et le travail en groupe ainsi que la continuité avec l'extérieur grâce aux grandes ouvertures. (The American Institute of Architects, 2016).

85% de ces espaces profitent de lumière naturelle accentuée par des nuances de peinture claire et des matériaux écologiques.



Figure 70: Ambiances intérieures.

Source : <http://www.aiatopten.org/node/482?fbclid=IwAR3SyHKY-MM6x8ayMcMxGFjE3i3S7Wo9ZB5Ub-6wPqr85baaLcFG4JuHpLs>

Programme

Type d'espace	Espace
Espace administratif	Bureau Salle de réunion Sanitaire
L'espace de recherche	Laboratoire
L'espace de formation	Salle de cours Salle de conférence Atelier de prototypage rapide
Espace de détente	Espace de consommation Terrasse
Espace de service	Locaux techniques

Conclusion :

Les solutions écologiques tels que la préservation de l'environnement, et l'utilisation raisonnée de ressources naturelles, l'utilisation des techniques modernes, la production d'énergie, l'architecture, les orientations paysagères, le choix des matériaux, la recherche du confort... tout a été pensé pour réaliser un bâtiment à énergie positive, mais aussi pour favoriser les échanges entre les partenaires et créer un nouvel état d'esprit dans le travail, et ces techniques font partie des nous inspiration pour la conception de notre projet.

Exemple 03 : Campus universitaire de Laâyoune au sud du MAROC

Présentation du projet :

La technopole de Laâyoune, dont l'objectif est de contribuer à l'essor économique et social d'une région prometteuse, par l'installation d'une plateforme pour l'innovation.

Le projet vise à s'intégrer au site en optimisant le dialogue entre le bâti et son environnement.

Le campus suivra également les objectifs suivants. Premièrement, faire de l'université de Laâyoune un terrain propice aux méthodes d'enseignement expérimentales dans des domaines tels que l'eau, l'énergie et l'agriculture du désert, grâce à l'installation de laboratoires vivants dédiés aux nouvelles technologies environnementales et au biomimétisme¹ ; et deuxièmement, développer un bâtiment capable d'une passivité énergétique exemplaire(AAAB, 2018).



Figure 71: la technopole de Laâyoune

Source : <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune>

¹ Démarche consistant à étudier les modèles de la nature et à reproduire les propriétés essentielles (formes, matériaux ou processus) des systèmes biologiques en vue de résoudre des problèmes technologiques.

Fiche technique du projet :

Nom du projet : Campus Universitaire De La Technopole De Laayoune ;

Architecte : Agence d'Architecture A. Bechu & Associés à Bennouna ;

Situation : la commune de Foum el Oued MAROC ;

Surface du projet : 100 000 m² ;

Année du début de réalisation du projet : 2016.

Genèse du projet :

Le campus est intégré au site naturel du désert pour créer un dialogue entre le bâtiment et son environnement. Avec des tentes végétalisées, mi- tentes/mi- dunes, sous lesquelles l'architecte vient glisser des bâtiments qui tissent le paysage à travers le désert. Ces derniers se rejoignent via une artère centrale à auvent qui crée un espace public ombragé pour la rencontre et l'interaction (AAAB, 2018).(Figure 72: idéation du projet.

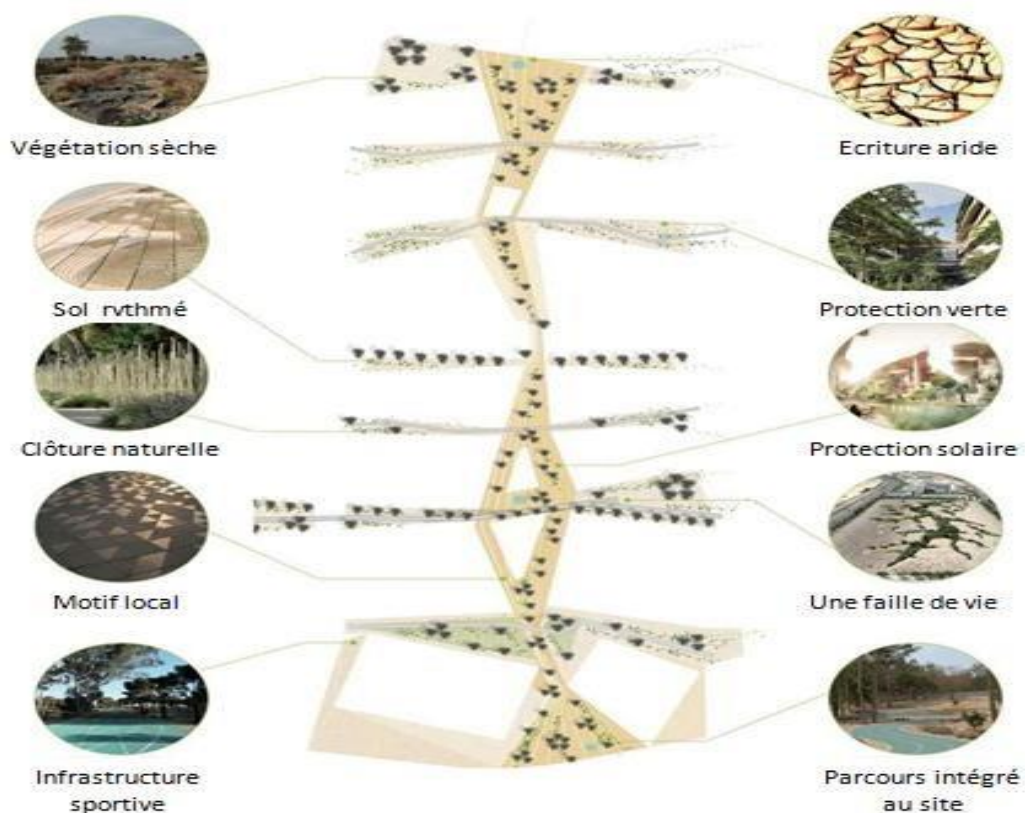


Figure 72: idéation du projet.

Source : <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune>

Cette rue intérieure se présente sous la forme d'une large fissure dans la terre du désert séchée, mais sera remplie de végétation pour contribuer au refroidissement de l'air.



Figure 73: fissure dans le désert.

Source : <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune>

La charpente métallique de la canopée est composée en partie courante d'une maille dessinée à partir de l'étoile à huit branches, d'inspiration sahraouie.

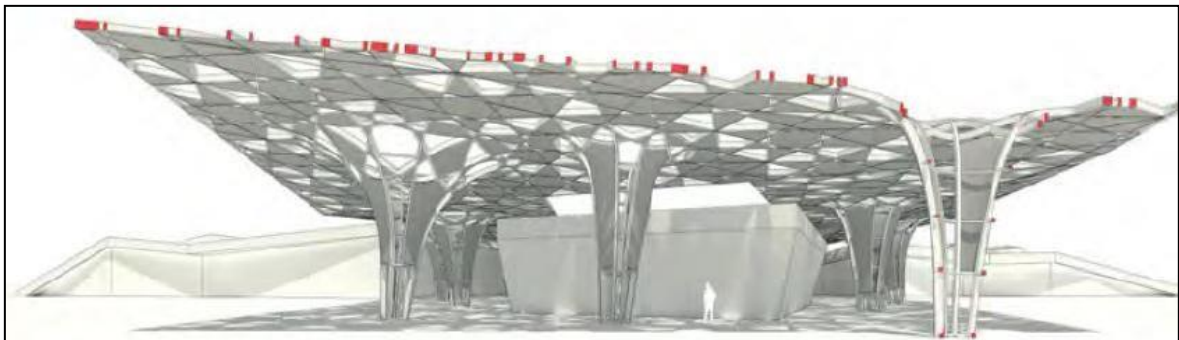


Figure 74: Charpente métallique.

Source : <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune>



Figure 75: La rue intérieur.

Source : <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune>

Implantation :

Le projet est semi enterré épousant la forme des dunes du désert et minimisant ainsi le contact avec l'environnement extérieur ce qui diminue les déperditions thermiques (AAAB, 2018).

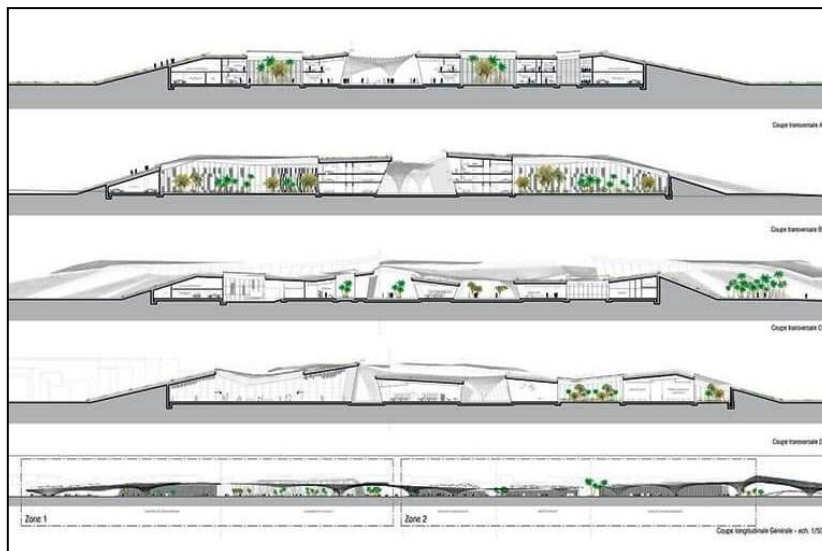


Figure 76: coupes schématiques.

Source : <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune>

Circulation :

Le projet est traversé par trois voies mécaniques et un accès piéton principal (la rue intérieure) traversé par quelque ruelle entre les bâtiments.

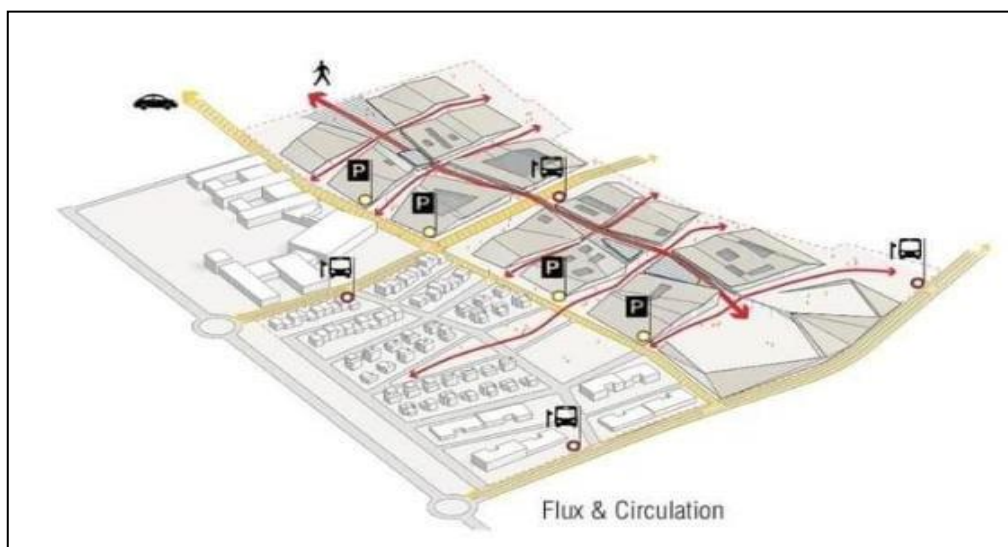


Figure 77: Flux et circulation.

Source : <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune>

Programme et occupation de l'espace :



Figure 78: programme et occupation de l'espace.

Source : <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune>

Analyse bioclimatique :

Les architectes ont élaboré une stratégie durable qui permettra au campus d'obtenir 80% de son énergie de sources passives, ainsi que de recycler l'eau et les déchets organiques (bio-engrais de grande valeur). L'approche combinera les technologies traditionnelles et modernes pour créer un réseau intelligent inspiré par l'environnement local. Ces techniques permettront au complexe d'approcher des mesures sans gaspillage. (AAAB, 2018)

Conclusion :

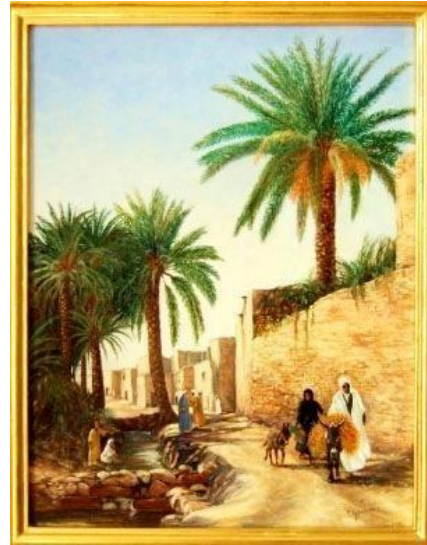
L'écologie, la durabilité, l'intégration dans le paysage, les orientations paysagères l'intégration des espaces pour la protection de l'environnement, les énergies renouvelables ... tout a été pensé pour réaliser un bâtiment respectueux de l'environnement et qui va mettre les occupants et les visiteurs en relation direct avec leur environnement. et cela nous permet de nous inspirer de ce projet dans la conception.

IV. SYNTHÈSE :

L'analyse de ces trois exemples nous a permis d'élargir nos connaissances sur le centre de recherche et de formation, ressortir des éléments de références, déterminer les fonctions importantes pour la conception de notre projet. Tels que les solutions écologiques, les méthodes techniques, système ainsi que les programmes de ces conceptions s'inscrivant dans les solutions écologiques qui peuvent nous orienter dans notre projet.

I. Introduction

La ville de Biskra, dite : " Reine Des Zibans " est une région fleurissante entre la chaîne montagneuse de l'Atlas saharien et le désert aride du sud algérien, depuis sa naissance est un lieu d'échange, d'ouverture et de passage, également appelée jardin potager d'Algérie, elle est même de par sa réputation, d'un potentiel naturel, agricole et touristique, remarquablement prometteur, et n'attend que d'exposer au grand l'étendue de ses ressources (Iles, 2019).



II. Choix du site d'intervention

Notre choix s'est orienté sur une région dite : « sub-saharienne », plus précisément la région de Biskra dont nous avons noté la négligence des potentialités et même la vétusté du patrimoine existant. Relevant cela, nous nous sommes concentrées sur l'ancien noyau turque avoisinant la palmeraie du vieux Biskra, mal entretenue et laissée à l'abandon. Ce site, malgré toutes les possibilités et potentialités d'aménagement ainsi que ses valeurs historiques, est négligé. Nous allons donc par notre intervention redonner vie à ce terrain ainsi que toute sa valeur.

III. Aperçu historique

Depuis l'antiquité, la ville de Biskra a toujours été un comptoir d'échange clé sur les routes commerciales nord sud.

L'installation humaine dans la région remonte à l'époque romaine "1000 av-p.c." et se développe aux court des différentes époques : arabo musulmane en 680 ; tutelle de l'empire ottoman (période turque) à partir de 1541 ; puis la colonisation française partant de 1838 ; pour finir avec la période post coloniale.(Amzal, Ben Tourad, Cherief, & Ouamrane, 2014)

Occupation romaine

La ville située sur une voie d'échange nord sud actuellement route nationale doit son nom "Biskra" aux romains qui l'avaient nommé à leur époque : "Vescera".

L'installation des romains dans la région s'est faite sur la rive droite de l'Oued de SIDI ZARZOUR, grâce à la présence des sources thermales et de la palmeraie dont ils se sont chargés de l'exploitation et du contrôle.

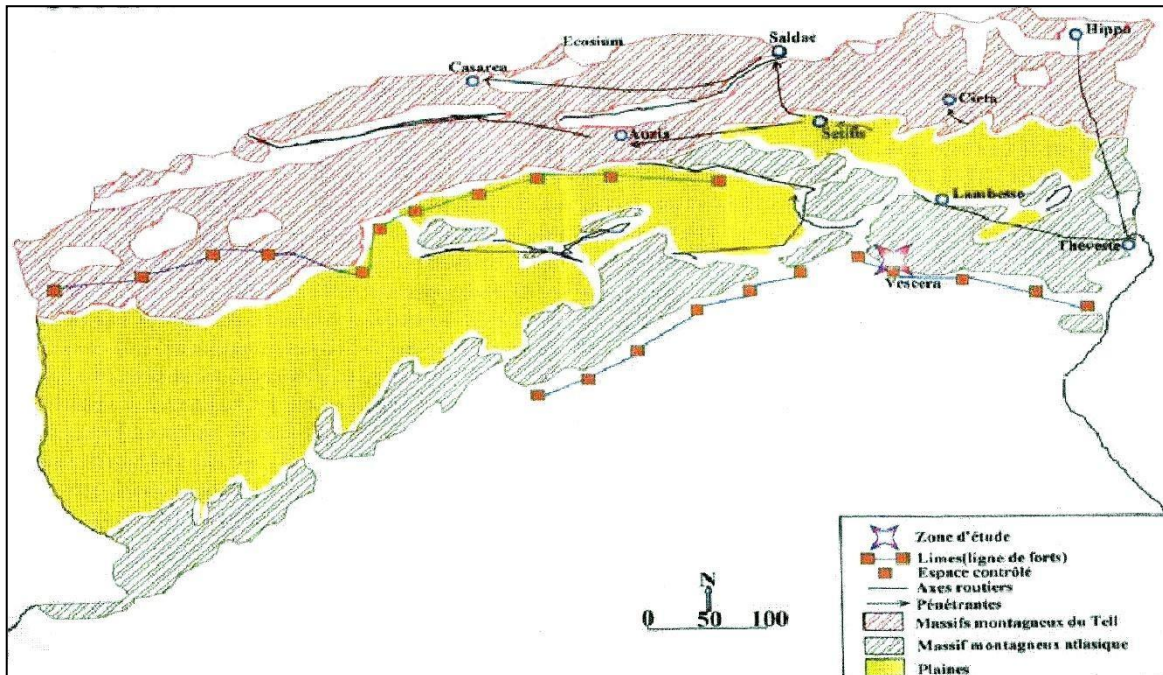


Figure 79 : Occupation romaine en Algérie (route vers Biskra).

Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra et Cadastre.

Occupation arabo-musulmane (7 – 14emesiècle)

Epoque où la ville de Biskra est une oasis fertile et un important repère commercial. Il ne reste de la ville de l'époque que le village Fellieche a la rive gauche de l'oued et le mausolée de Sidi Zerzour au milieu du lit de l'oued portant le même nom.

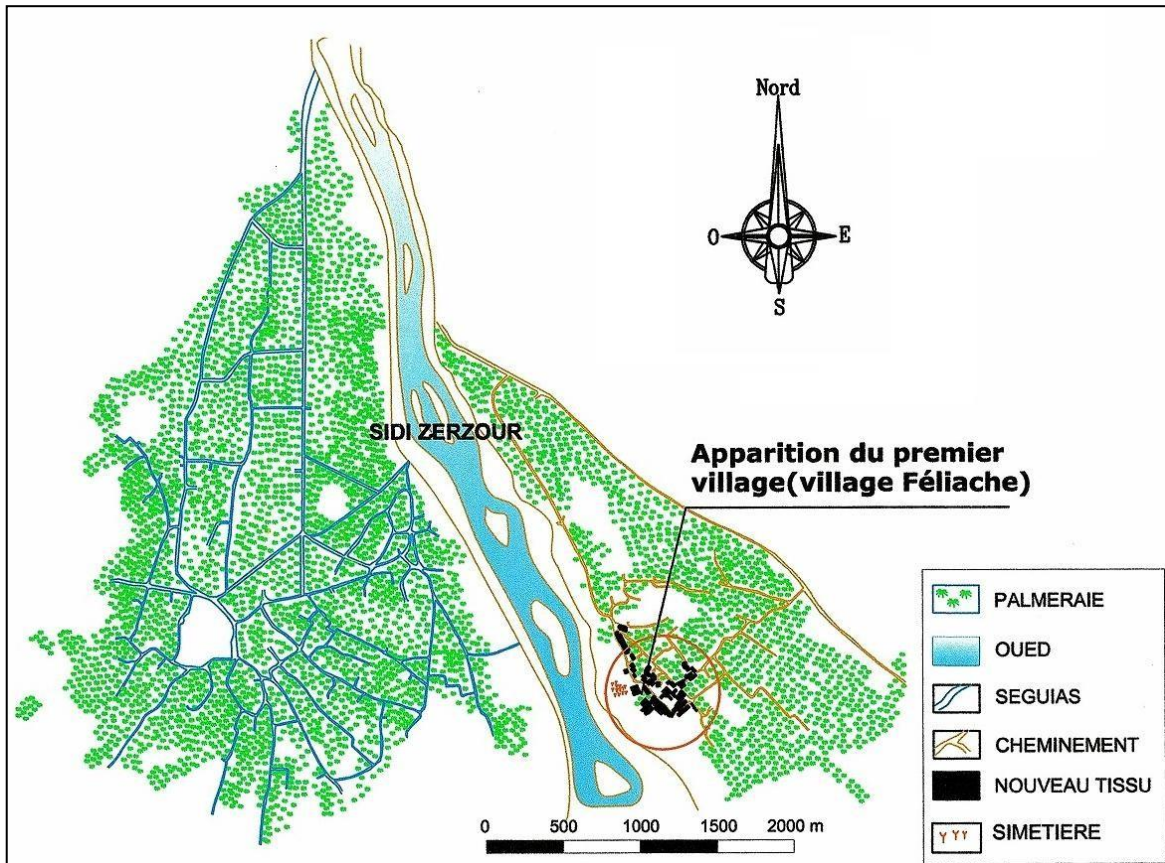


Figure 80 : Occupation arabo musulmane dans la ville de Biskra.

Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra + cadastre.

Occupation turque

Epoque turque -1- (1541 – 1680)

Dans le but de dominer la palmeraie, les turcs ont édifié un fort sur une plateforme située en haut d'une colline, qu'ils ont ensuite dans un souci de sécurité entouré d'un fossé rempli d'eau stagnante alimenté par l'oued.

Il y sera ouvertes 03 grandes portes : bab el darb ; bab el fath ; bab el makbara.

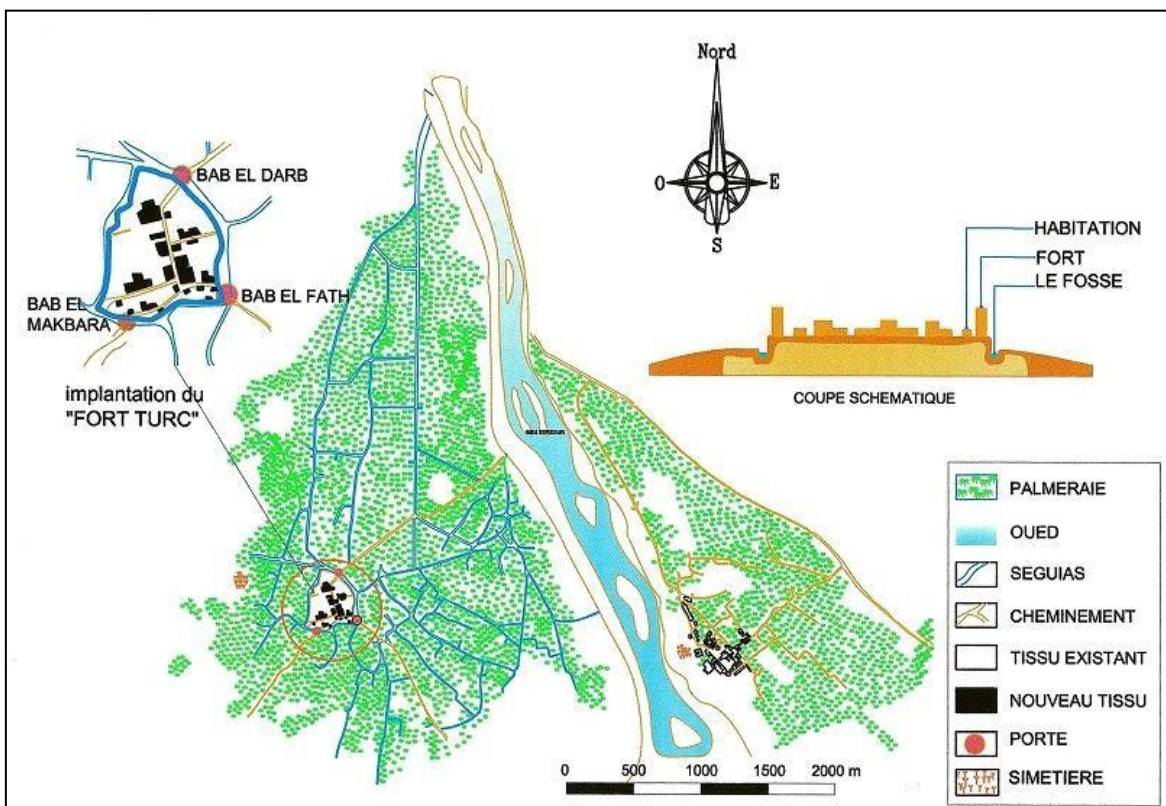


Figure 81: époque 01 de l'occupation turque dans la ville de Biskra.

Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra + cadastre.

Époque turque -2- (1680 - 1844)

Au court de cette époque, le fort a été déplacé vers la Nord conséquence de l'épidémie de 1680 qui a ravagé le premier noyau d'installation, associé à cela l'apparition du village de Ras El Maâ a côté du fort.

La palmeraie a vue apparaitre également 7 villages dispersés linéairement selon sur les voies de communication de la zone.

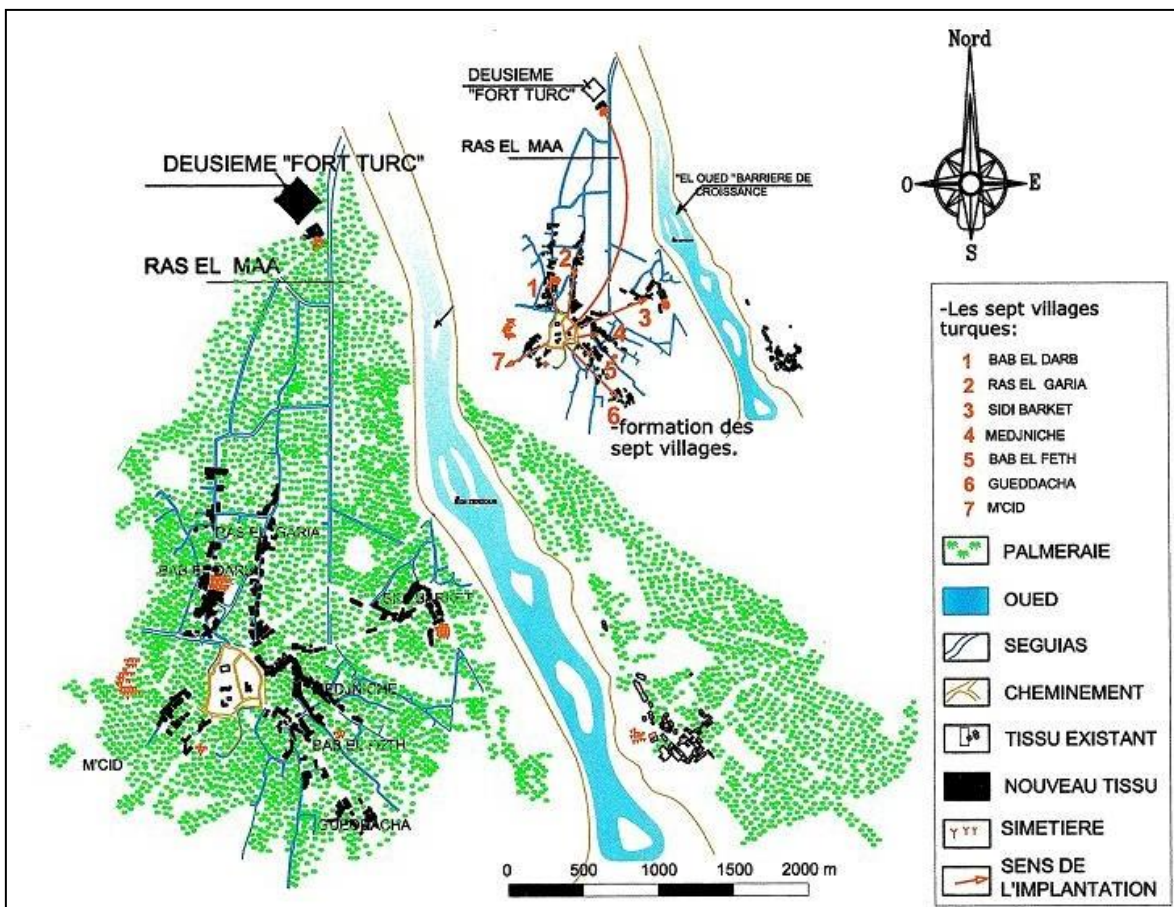


Figure 82: époque 02 de l'occupation turque dans la ville de Biskra.

Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra + cadastre.

Epoque coloniale française

L'arrivée des français dans la ville de Biskra lui fera subir de profondes transformations sur les volets fonctionnel, urbanistique et architectural.

Epoque française -01- (1830 – 1865)

Cette époque est principalement marquée par : l'édification du fort " Saint Germain" au Nord de la ville afin de contrôler la distribution d'eau ; l'occupation en damier ; mais également l'apparition de nombreux équipements tels que les hôtels ; écoles...etc., et pour finir l'installation d'une gare ferroviaire.

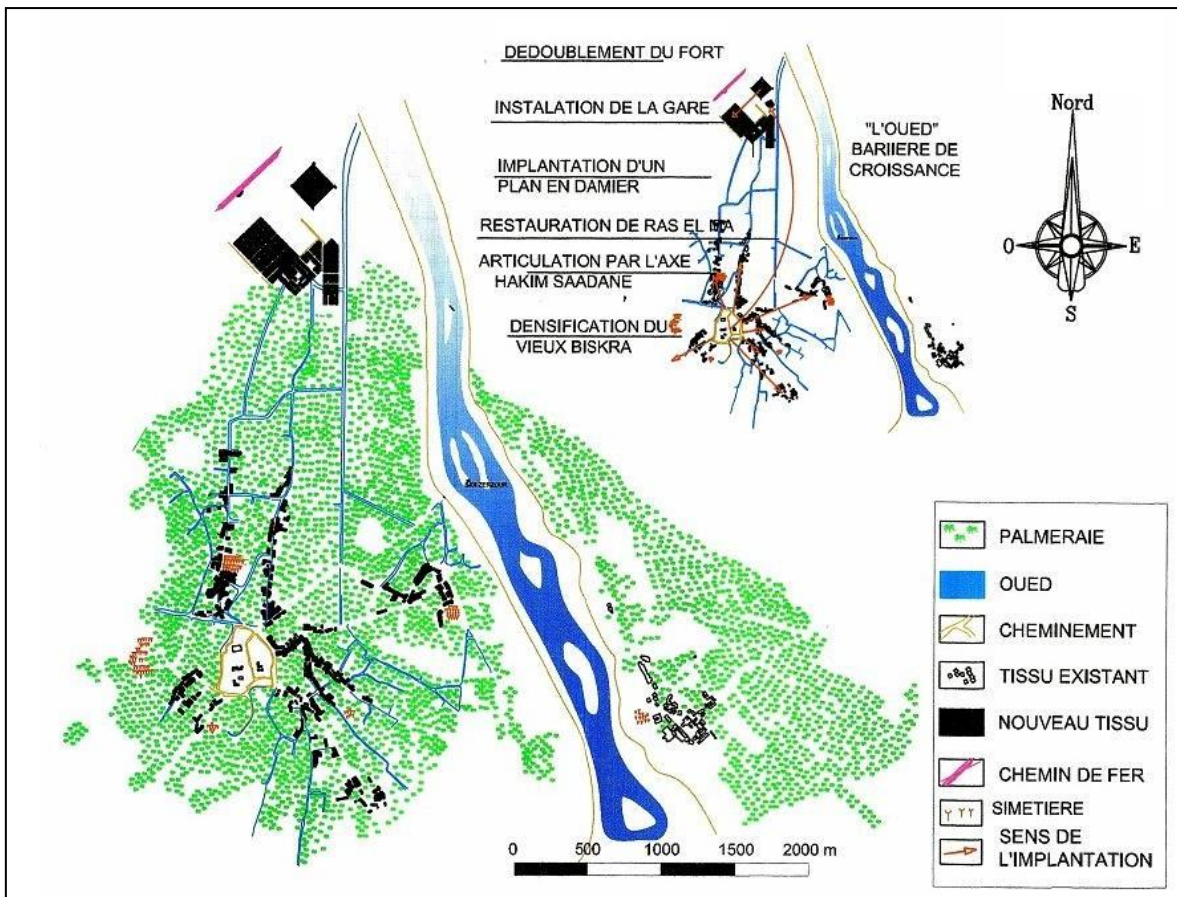


Figure 83: époque 01 de l'occupation coloniale française dans la ville de Biskra.

Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra + cadastre.

Epoque française -02- (1865 – 1932)

Durant cette période la ville coloniale a subi une extension principalement le long du chemin de fer et vers le sud (au détriment de la palmeraie)

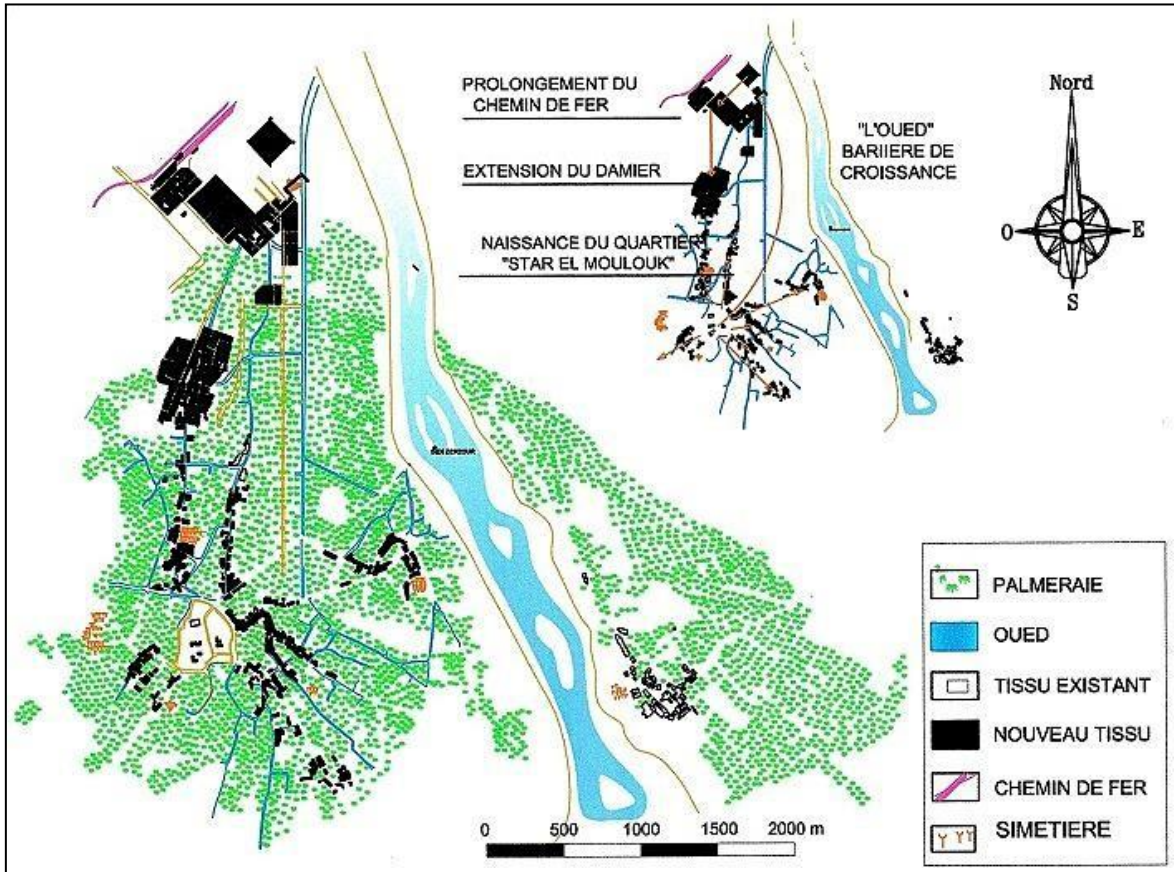


Figure 84: époque 02 de l'occupation coloniale française dans la ville de Biskra.

Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra + cadastre.

Epoque française -03- (1932 - 1962)

Cette période voit le franchissement de l'oued et la construction du quartier El Alia, qui sera relié à la ville par le premier pont construit durant les mêmes années.

Les extensions sur le compte des palmeraies ont continué à avancer.

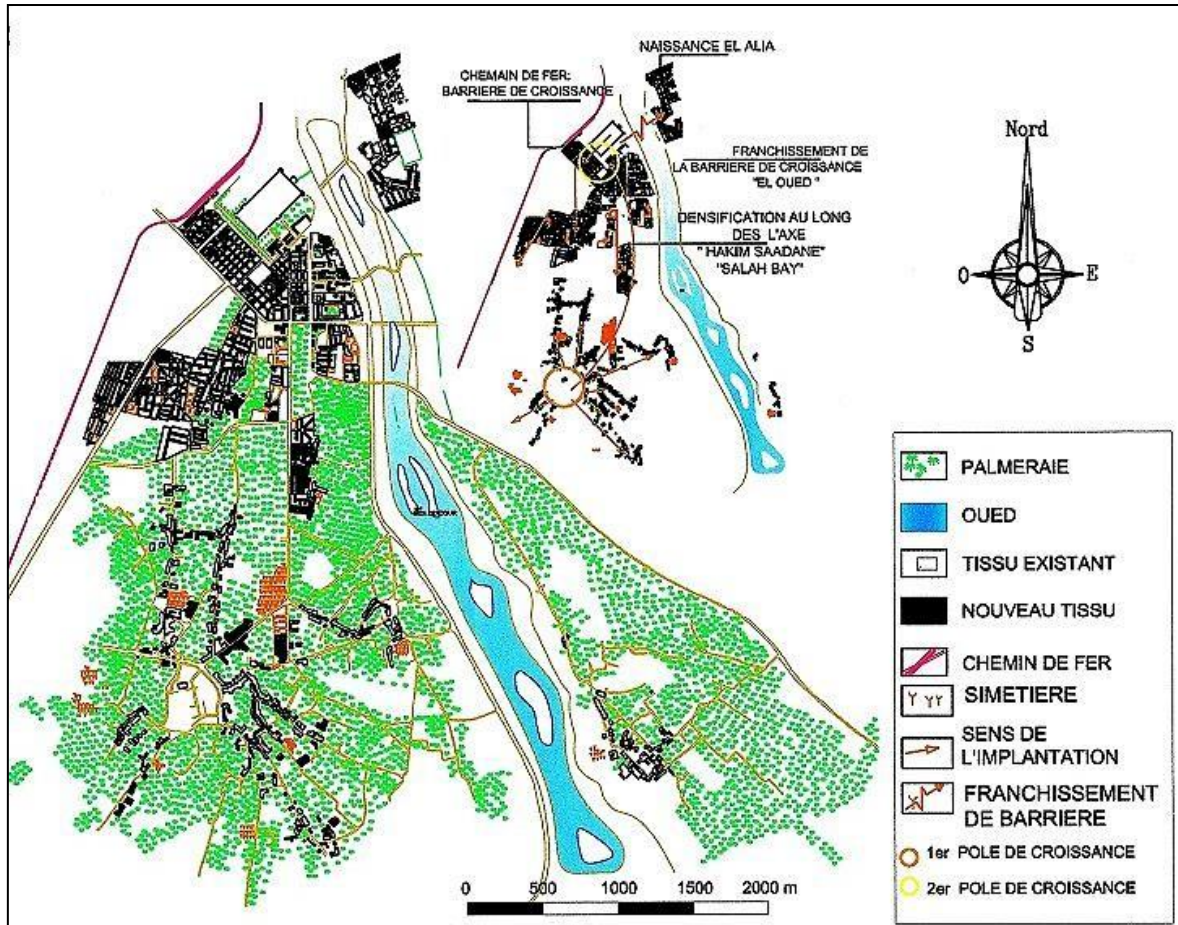


Figure 85: époque 03 de l'occupation française dans la ville de Biskra.

Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra + cadastre.

Occupation post coloniale : (1962 à nos jours)

Post coloniale -01- (1962 – 1977)

Après l'indépendance, la croissance de la ville s'est faite de manière aléatoire et anarchique (en tache d'huile vu l'absence de schéma directeur).

Le tissu urbain s'est plus densifié autour du boulevard parallèle au chemin de fer.

Les quartiers sur la rive de l'oued ont également été occupés, ajouté à l'extension vers bab darb.

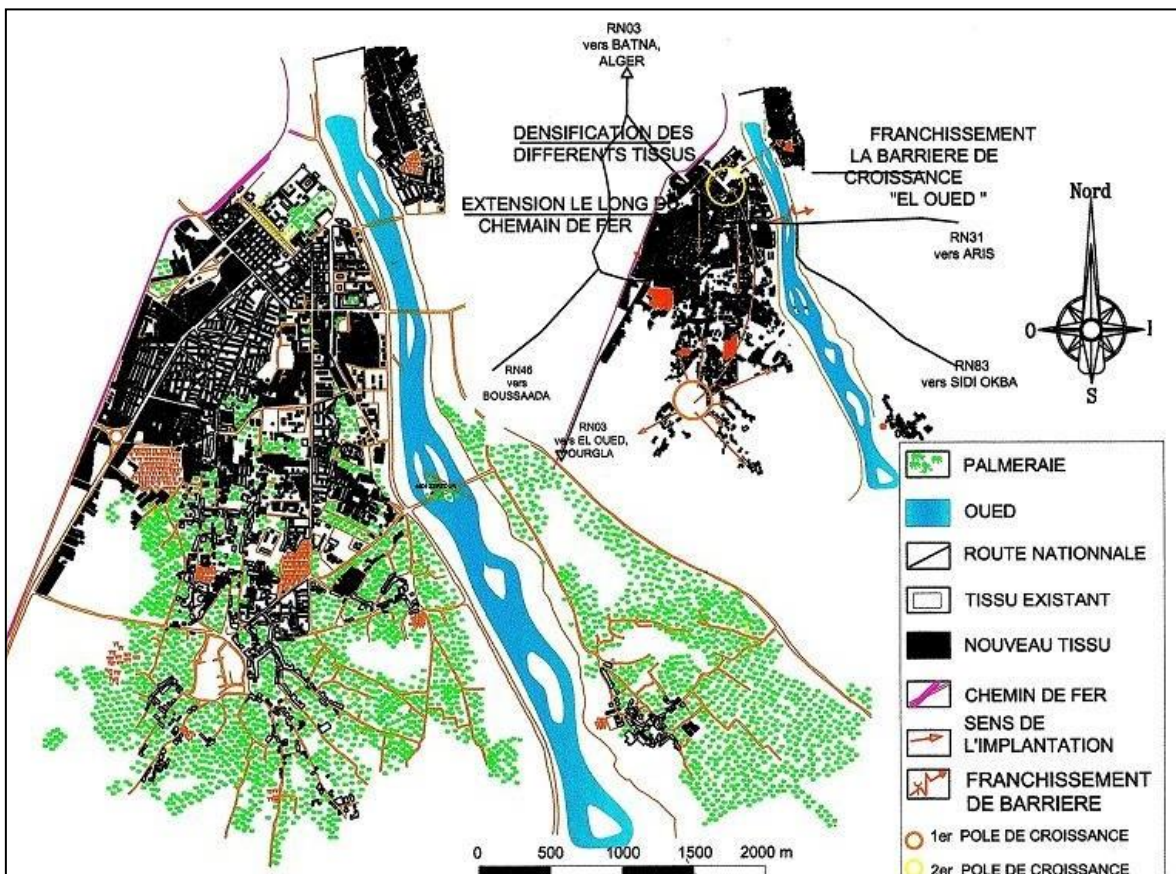


Figure 86: époque 01 de l'occupation poste coloniale dans la ville de Biskra.

Source : AMZAL S ; BEN TOUIRAD F ; CHERIEF D ; OUAMRANE S. (2014) complexe de recherche en agro écologie « verdier le désert », mémoire magister, architecture bioclimatique et environnement, UMMTO

Post coloniale -02- (1977 à nos jours)

La ville a subi plusieurs évolutions durant cette période tel que la saturation du centre-ville ; la création de la ZHUN Est par extension vers l'oued, et de la ZHUN Ouest par franchissement du chemin de fer.

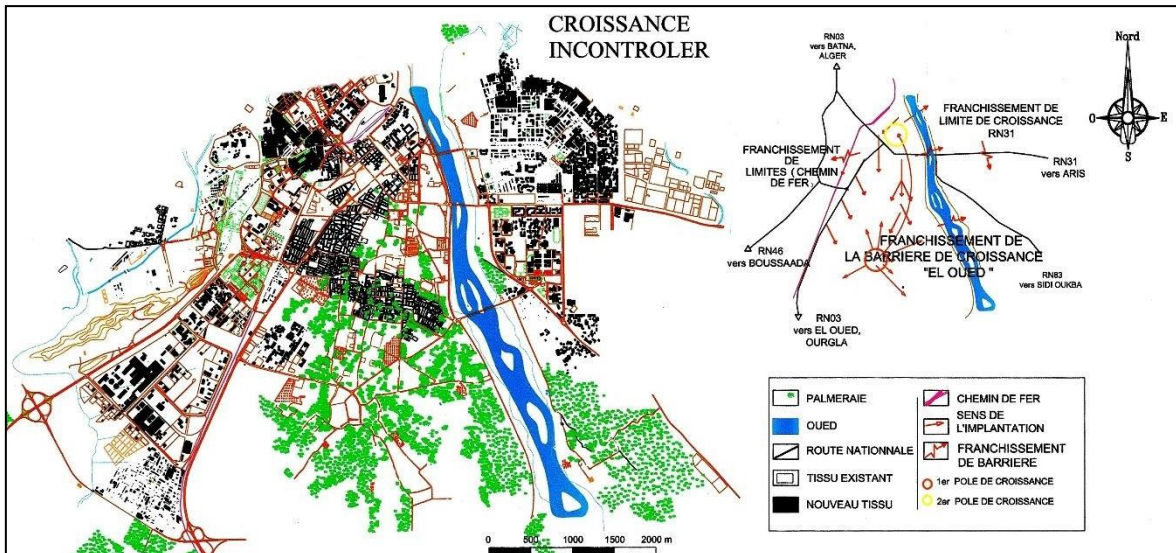


Figure 87: époque 02 de l'occupation poste coloniale dans la ville de Biskra.

Source : AMZAL S ; BEN TOUIRAD F ; CHERIEF D ; OUAMRANE S. (2014) complexe de recherche en agro écologie « verdier le désert », mémoire magister, architecture bioclimatique et environnement, UMMTO

III.6 Synthèse

L'évolution historique de la ville témoigne du fait que l'implantation humaine s'est faite grâce à la présence des ressources naturelles (eau et palmeraie), mais qu'au fil du temps la ville est passée d'une oasis fertile, à une zone urbaine saturée sans encadrement écologique.

IV. Analyse du site

Situation

A l'échelle territoriale

La ville de Biskra est située au nord-est du Sahara algérien, au pied du massif de l'Aurès et des monts du Zab (Zibans) et représente la porte du désert (Figure 88: position de la ville de Biskra en Algérie..

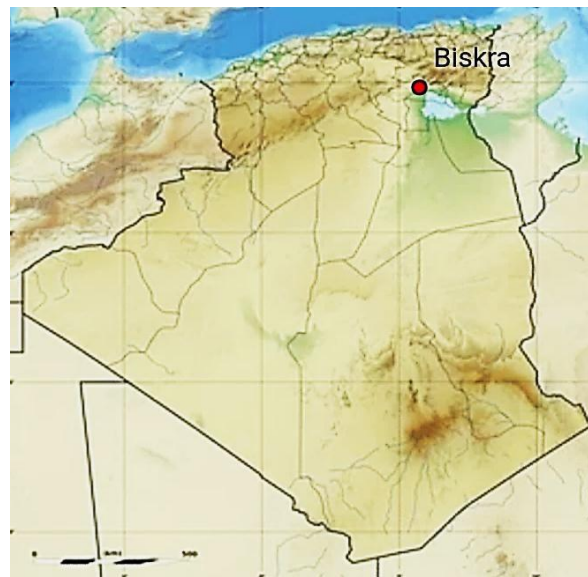


Figure 88: position de la ville de Biskra en Algérie.

Source : https://www.google.dz/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewj9-tyy0YbiAhXS1qQKHcUzDiwQjRx6BAGBEAU&url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FHoggar_Mountain&psig=AOvVaw1GFoelQqJMBG3zwPrfK2YQ&ust=1557222852319642

A l'échelle régionale

Elle est limitée :

- Au sud par l'oued ;
- au nord par Batna ;
- nord-ouest M'sila ;
- à l'est Khenchela ;
- au sud-ouest par Djelfa ;



Figure 89: position de la ville de Biskra dans la wilaya de Biskra.

A l'échelle locale

Notre site se situe au sud-ouest de la ville de Biskra (Figure 90: position de la zone d'intervention dans la ville de Biskra..

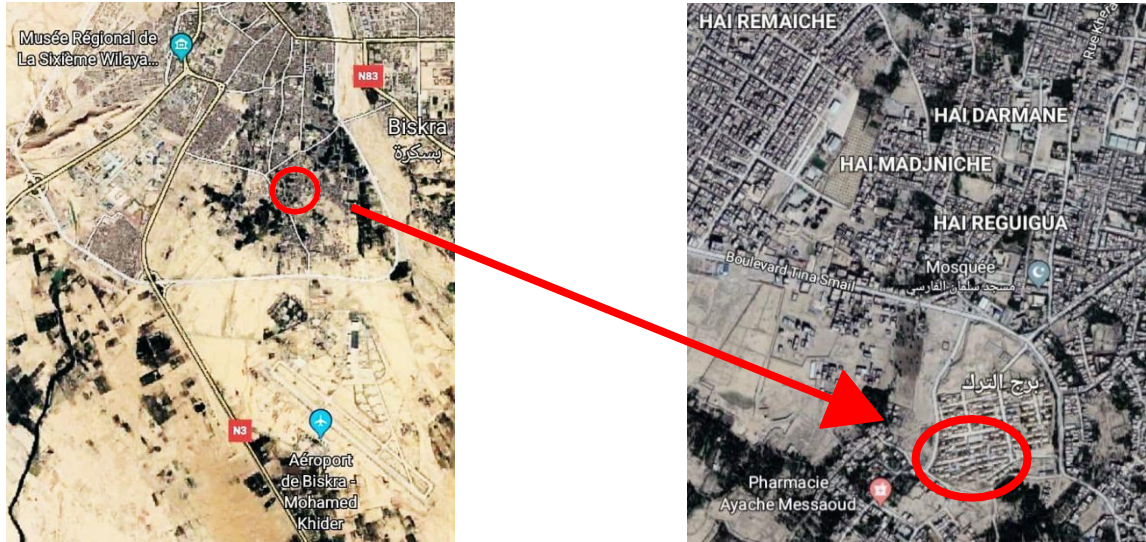


Figure 90: position de la zone d'intervention dans la ville de Biskra.

Source : <https://earth.google.com/web/@34.82997556,5.72193507,105.41517446a,768.24823137d,35y,0h,0t,0r/data=ChMaEQoJL20vMDVzN21nGAEgASgC>

Voirie et accessibilité

L'accès vers la zone d'étude est assuré par 02 voies secondaires par l'ouest et le sud (déviations du boulevard Tina Smail), et 02 voies tertiaires par l'est et le nord qui sont des ruelles de quartier. (Figure 91: accessibilité de la zone d'intervention (hiérarchie des voies)..



Figure 91: accessibilité de la zone d'intervention (hiérarchie des voies).

Source : <https://earth.google.com/web/@34.82997556,5.72193507,105.41517446a,768.24823137d,35y,0h,0t,0r/data=ChMaEQoJL20vMDVzN21nGAEgASgC>.

Environnement immédiat

Notre site d'intervention est délimité côté nord et nord-est par une zone urbanisée (quartier d'habitat préfabriqué aux conditions précaires) (Figure 92: photos de la zone urbanisée., côté ouest et sud-ouest par des terrains vagues non aménagés) (Figure 94: photos terrain vierges., et par la palmeraie (non entretenue) coté sud-est (Figure 95: photos de la

palmeraie.).
Palmeraies

Zone urbanisée

Zone d'intervention

Terrains vierges



Figure 93: zoning de l'urbanisation de la zone d'intervention.

Source :

Figure 94: photos terrain vierges.
Source : auteur

<https://earth.google.com/web/@34.83019834,5.72206009,105.56555713a,10714d,35y,0h>



Figure 95: photos de la palmeraie.
Source : auteur.

Vocation et potentialités de la ville

Secteur de l'agriculture

Avec 77% de son territoire, la wilaya conforte sa vocation agropastorale vue les activités agricoles portant autant sur la culture du palmier dattier que sur les cultures maraîchères destinées aussi bien à la consommation locale qu'à l'exportation. Cela grâce à La superficie agricole très riche par ses sols fertiles, la modernisation des systèmes de production. La wilaya détient de par son histoire, des rendements inégalés sur le bassin méditerranéen, compte tenu de son climat et de ses sols sablonneux qui favorisent une double récolte notamment dans la céréaliculture.

Malheureusement malgré tout ce potentiel, la palmeraie au sud de la ville tend à être abandonnée et donc à se dégrader conséquence du manque à absence d'entretien(ANDI, 2013).

Secteur du tourisme

La ville de Biskra est une région qui regorge de ressources naturelles brutes : ses paysages pittoresques, ses sites archéologiques, ses chotts, ses barrages, ses sources thermales et hammams aux eaux minérales curatives représentent de sérieuses assises ayant permis le développement du secteur du tourisme qui offre une série de prestations de qualité supérieure et de haute gamme(ANDI, 2013).

Secteur de l'industrie

La wilaya connaît un tissu industriel varié. Ce secteur touche une vaste gamme de produits comme la fabrication des matériaux de construction, produits alimentaires, farine, broderie, tissage, artisanat, bois, papier et imprimerie(ANDI, 2013).

Synthèse

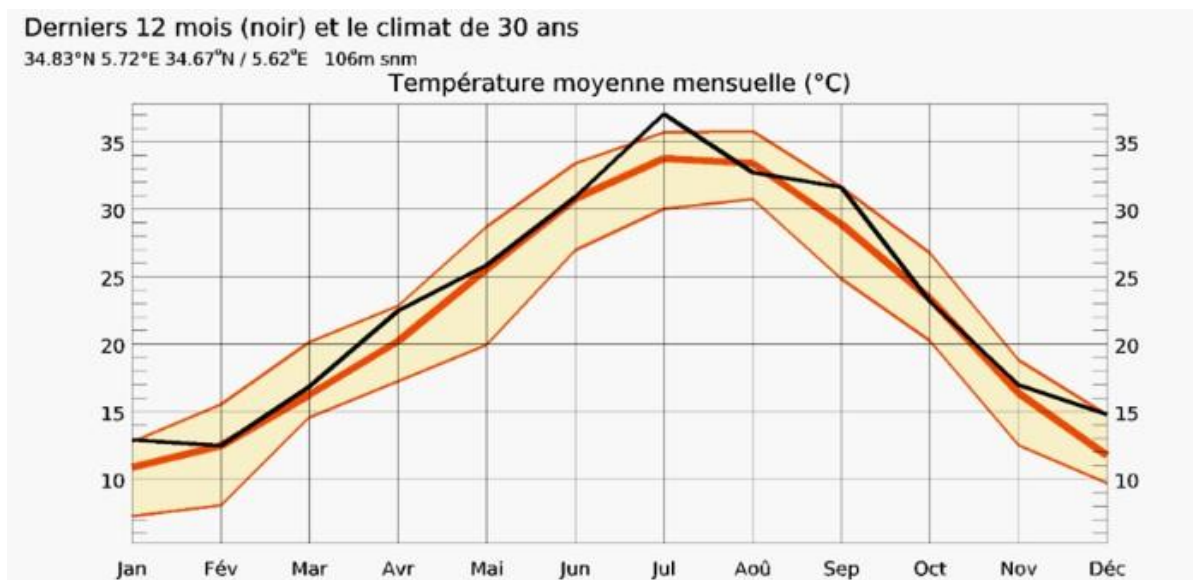
- Situation géographique stratégique (articulation entre montagne de l'atlas et Sahara algérien) ;
- La ville a de fortes potentialités industrielles, touristiques et économiques mais est beaucoup plus prometteuse dans le domaine agricole ce qui en fait sa vocation principale.
- Le savoir-faire agricole est déjà préexistant dans la ville de Biskra, il faut donc le promouvoir et développer son étude et sa technique pour en faire l'activité clé de la ville.

Environnement naturel

Données climatiques

Température

La Figure 96: données climatiques : moyennes des températures (1988 - 2018).montre les températures moyennes mensuelles des 30 dernières années (1988 – 2018). On note que la température moyenne mensuelle, la plus élevée (37°C) est celle du mois de Juillet, alors que la température la plus basse (13°C) est celle du mois de janvier (Données relevées sur les 30 dernières années)(meteo blue, 2018)(Figure 96: données climatiques : moyennes des températures (1988 - 2018)).



- Valeurs moyennes sur les 30 dernières années
- Valeurs moyennes des 12 derniers mois (année 2018)
- Intervalle minimal et maximal des températures sur les 30 dernières

Figure 96: données climatiques : moyennes des températures (1988 - 2018).

Source :

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/currentonclimate/34.83N5.723E106_Africa%2FAlgiers?fbclid=IwAR2RbExRed2Yuddyza0bqJeMAIyVoSH7cIDcZfG1MD8r90BHoF1CmjlkOUk

Précipitations

L'évolution des précipitations moyennes mensuelles pour différentes périodes montre que les valeurs de précipitations maximales sont marquées principalement, en mois d'Avril avec un maximum de 13 mm, alors que les mois les plus secs sont ceux de janvier, février et juillet avec une valeur enregistrée de 2mm(meteo blue, 2018) (Figure 97: données climatiques : moyennes des précipitations (1988 - 2018)).

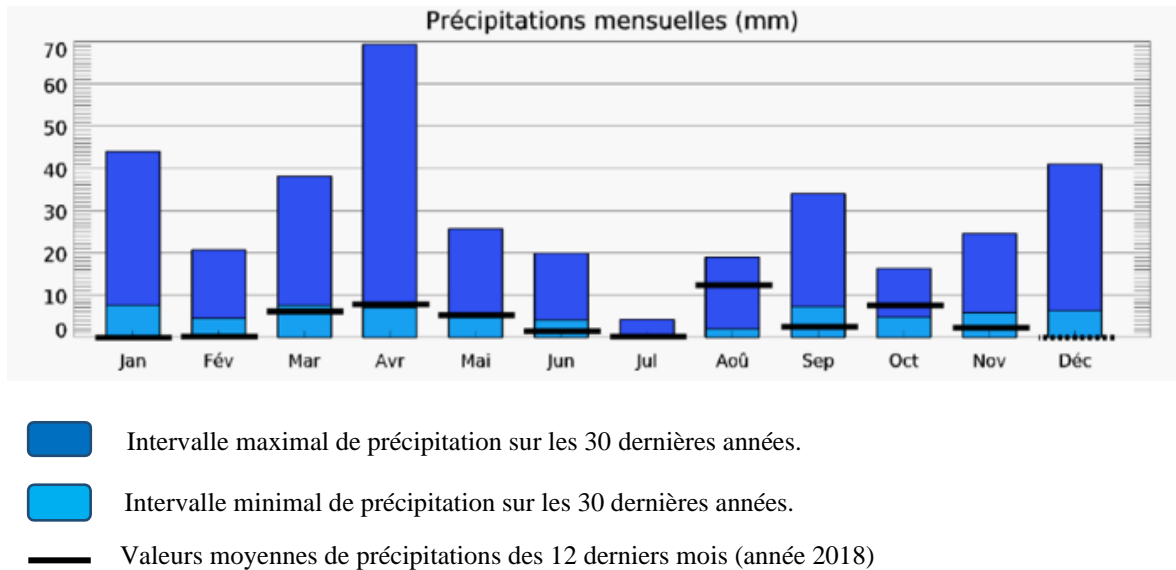


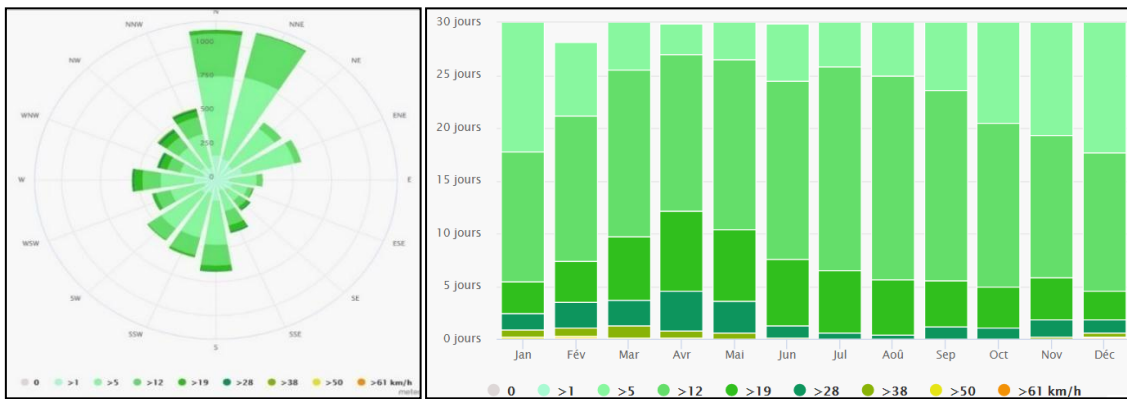
Figure 97: données climatiques : moyennes des précipitations (1988 - 2018).

Source :

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/currentonclimate/34.83N5.723E106_Africa%2FAlgiers?fbclid=IwAR2RbExRed2Yuddyza0bqJeMAIyVoSH7cIDcZFG1MD8r90BHoF1CmjlkOUk

Vents

Notre assiette d'intervention e exposée à un vent d'hiver nord-ouest (compris entre 28km/h et 38kmh donc relativement puissant, mais son incidence se limite à un court période qui est de moins de 5j par mois), mais principalement aux vents frais d'été nord-est, et aux vents chaud du sud (sirocco)(meteo blue, 2018) (Figure 98: données climatiques : directions et forces des vents..



Source : Source :

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/currentonclimate/34.83N5.723E106_Africa%2FAlgiers?fbclid=IwAR2RbExRed2Yuddyza0bqJeMAIyVoSH7cIDcZFg1MD8r90BHoF1CmjlkOUk

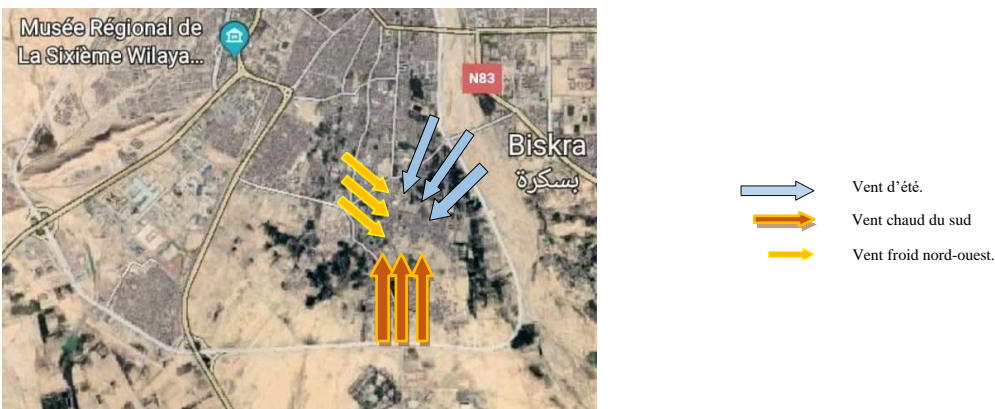


Figure 98: données climatiques : directions et forces des vents.

Source :

<https://earth.google.com/web/@34.83019834,5.72206009,105.56555713a,1092.85347714d,35y,0h,0t,0r/data=ChMaEQoJL20vMDVzN21nGAEgASgC>

Ensoleillement

Notre site d'intervention est sujet à un ensoleillement conséquent allons de 10h en hiver à plus de 14h en été avec une radiation solaire intense sur les façades allant du nord-est au nord-ouest en passant par le sud. Il faudra cet effet se prémunir de protection solaire afin de pallier à cette carence (Figure 99: diagramme solaire de la ville de Biskra..

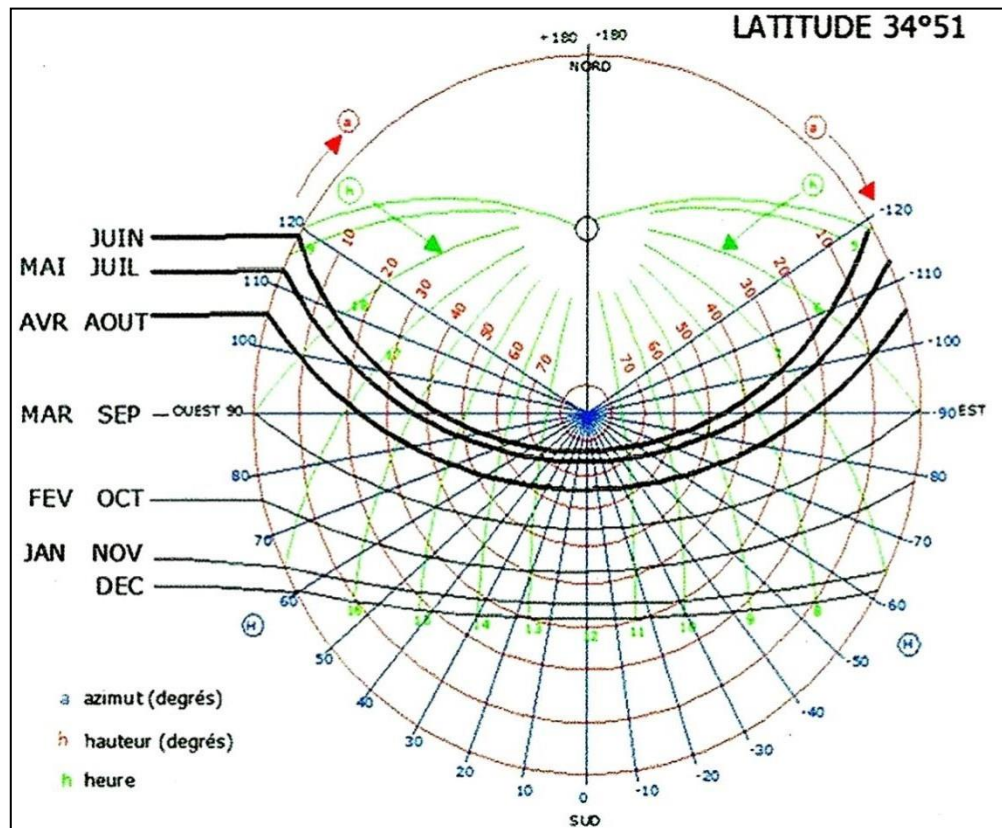


Figure 99: diagramme solaire de la ville de Biskra.

Source : atlas climatologie national station de Biskra.

Humidité relative

L'humidité relative va de 0 à 100%. L'air est sec quand l'humidité relative est inférieure à 35%. L'air est moyennement humide entre 35 et 65%, et l'air est humide à plus de 65% d'humidité relative(Bergeron & Naud, 2011).

L'humidité relative varie durant l'année avec un maximum de 60.8% au mois de décembre et un minimum de 26% au mois de juillet. L'air de notre zone d'intervention est sec a moyennement humide tout au long de l'année cela étant dû à la concentration de masse d'air chaud dans le Sahara (Figure 100: données climatiques : humidité relative..

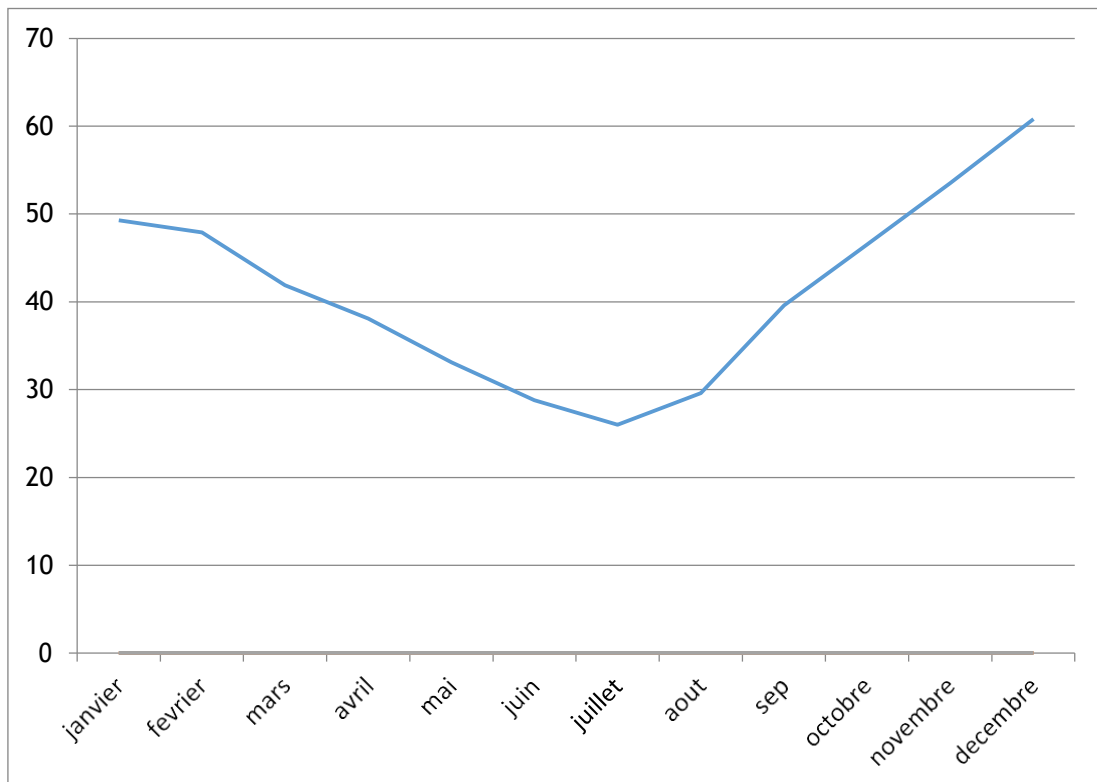


Figure 100: données climatiques : humidité relative.

Source:(Amzal, Ben Tourad, Cherief, & Ouamrane, 2014)

Diagramme de Givoni

C : Zone de confort en air calme	
DISPOSITIFS PASSIFS	GI : Inertie thermique et Gains internes AS : solaire passif h : Humidification
	I : Inertie thermique IVN: Inertie thermique avec ventilation nocturne V : Ventilation naturelle renforcée RE : Refroidissement par évaporation
DISPOSITIFS ACTIFS	DH : Déshumidification mécanique AC : Refroidissement mécanique H : Chauffage actif

Le diagramme de Givoni est un outil d'interprétation des données climatiques qui exprime, les différents moyens d'interventions passives et/ou actives correspondant à des dispositifs techniques et/ou architecturaux, afin de garantir les conditions de confort à l'intérieur d'un bâtiment, en fonction des sollicitations du climat tout au long de l'année.

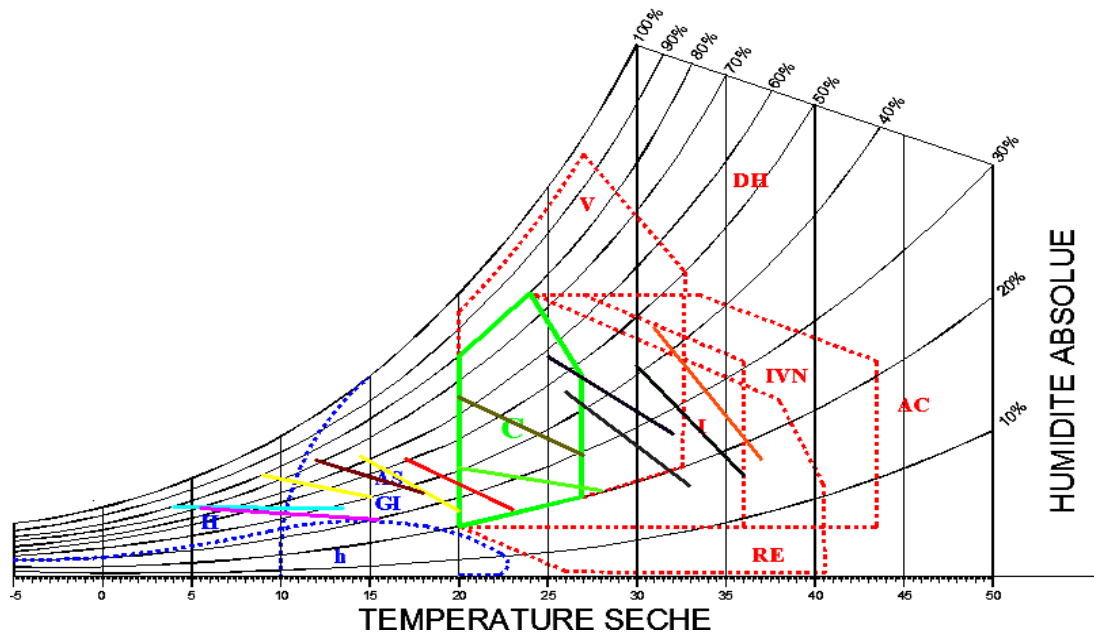


Figure 101: diagramme de Givoni de la ville de Biskra.

Les zones d'influence définies par le diagramme

Dispositifs passifs

La zone de confort en air calme C.

La zone d'influence de la vitesse d'air V : cette zone implique la ventilation des espaces intérieurs.

La zone d'influence d'inertie thermique : cette zone implique une forte inertie des parois du bâtiment pour réduire les variations des températures intérieures.

La zone d'influence d'inertie thermique avec ventilation nocturne : renouvellement d'air durant la nuit associé à une forte inertie du bâtiment

La zone d'influence d'un refroidissement par évaporation : le taux d'humidité relative est bas et permet d'absorber plus de vapeur d'eau et donc de rafraîchir l'air ambiant.

Zone d'influence de captage solaire passif AS : la baisse des températures extérieures peut être compensée par la captation du rayonnement solaire.

Dispositifs actifs

Zone de déshumidification mécanique DH : correspond au climat chaud et humide.

Zone de refroidissement AC : correspond au climat chaud et plus sec.

Zone de chauffage actif H : correspond au climat froid.

Tableau 1 : recommandations de conception bioclimatique.

La zone	La période	La température	L'humidité	recommandation
Sous chauffe		$T < 19^{\circ}\text{C}$		- Favoriser l'orientation nord-sud pour capter les rayons solaires. - Stocker la chaleur la journée pour la restituer la nuit.
Confort		$19^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$	$20\% < H < 80\%$	- Ventilation transversale avec humidification est suffisante pour assurer le confort.

Sur chauffe		T>25°C		<ul style="list-style-type: none"> - ventilation interne avec inertie et refroidissement par évaporation. - prévoir des patios avec bassins et jets d'eau - Favoriser la compacité du volume. - exploiter les vents d'été venant du nord-est.
----------------	--	--------	--	---

Hydrographie

La ville de Biskra présente une richesse hydrographique importante en matière d'eaux superficielles, souterraines et thermales (Amzal, Ben Tourad, Cherief, & Ouamrane, 2014).

Les oueds

Oued Sidi Zerzour

Il traverse la ville du nord au sud la séparant en deux parties. Il se caractérise par un écoulement dense mais temporaire car ce cours d'eau est à crues décennales (probabilités de crues tous les dix ans) est actuellement à l'état sec. Alimenté par les eaux de ruissellement du sud-ouest de l'Aurès et se déverse dans chott Melghir (Amzal, Ben Tourad, Cherief, & Ouamrane, 2014).

Oued Dédia

S'écoule du nord-ouest vers le sud.

Les eaux souterraines

Les ressources d'eau souterraines de la ville sont sous forme de 04 nappes phréatiques principales :

La nappe du quaternaire : Eau salée située sous la palmeraie nord.

La nappe profonde : À température très élevée.

La nappe calcaire : Sous la totalité de la région de Biskra.

La nappe de Mi pliocène : Elle s'écoule du nord-ouest vers le sud, et est exploitée par de nombreux forages.

Les ressources en eau de la wilaya de Biskra proviennent de :

- Eaux de surface : 22 millions de mètres cubes proviennent des barrages de fontaine des gazelles.
- Eaux souterraines : 798 millions de mètres cubes(ANDI, 2013).

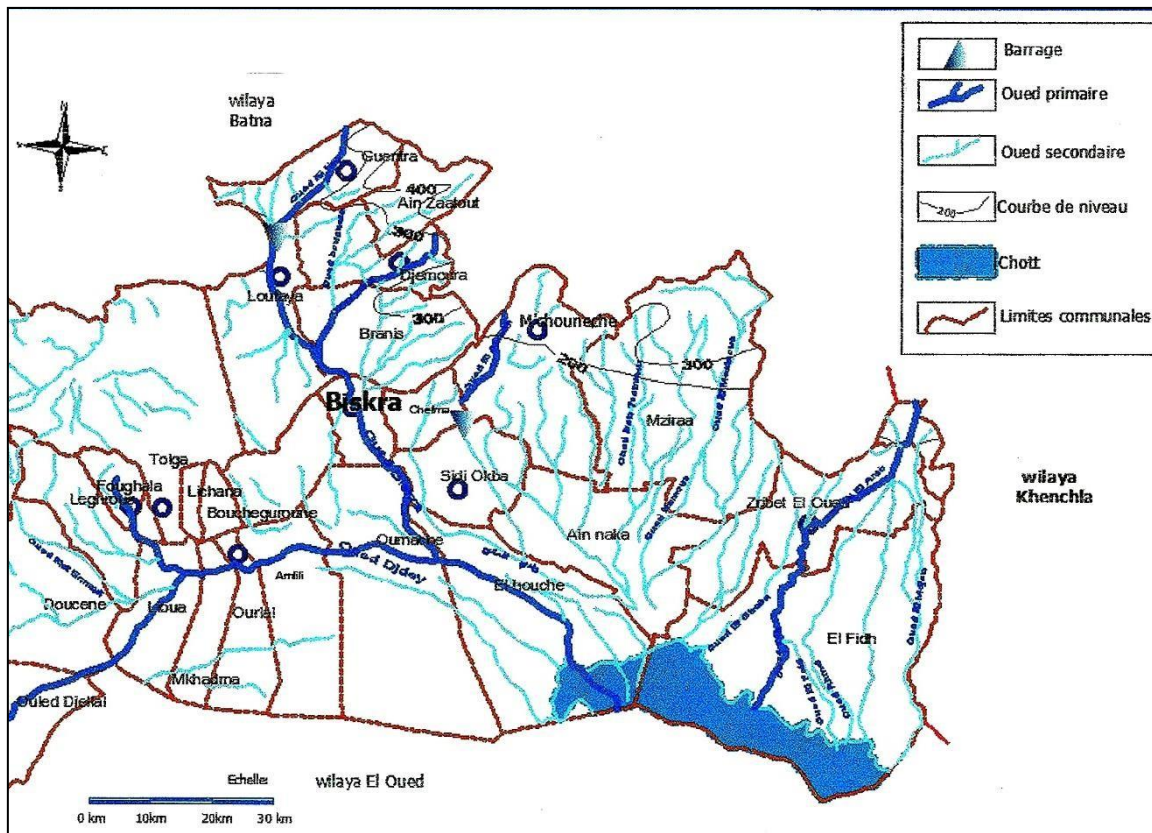


Figure 102: réseau hydrographique de Biskra.

Source: DUC Biskra.

Géologie

Du point de vue géologique, la région de Biskra représente une zone de transition structurale et sédimentaire, au Nord c'est une zone montagneuse, tandis qu'au Sud, c'est une zone effondrée, qui fait partie du Sahara(Meguenni, 2013).

La faune

La faune de la région de Biskra est caractérisée par sa diversité. On y trouve les insectes (le coléoptère scarabée sacré ;...) ; les amphibiens (la grenouille) ; les reptiles (vipère a corne ; lézard ; ...) ; une diversité d'oiseaux (dont la fauvette noire) ; des mammifères (dromadaire, gazelles ; renard ; lièvre ; hérisson ; chauvesouris ;...etc.) des myriapodes, des crustacés (crabe de cours d'eau, puce d'eau)(Nacer & Tiar, 2012).

La flore

La région de Biskra comme toutes les régions arides constituées des formations pédologiques semblent exercer une influence sélective sur la répartition de la végétation. L'oasis est avant tout une palmeraie dans laquelle sont établies accessoirement des cultures fruitières et maraîchères.

La flore des palmeraies est caractérisée par la prédominance du palmier dattier. (Nacer & Tiar, 2012)



Figure 103: culture de palmiers dattiers.

Source : <http://www.aps.dz/economie/66522-biskra-est-une-wilaya-reference-en-production-agricole-ministre>



Figure 104: culture maraîchère.

Source : https://eldjazair365.com/wp-content/uploads/2016/02/sans-titre-1_2612314_465x348.jpg

Synthèse

- le climat de notre zone d'intervention est aride, avec un temps sec et chaud.
- Les captations d'eau sont faites à partir de barrage (pas de sources d'eau immédiate), ce qui n'empêche pas une grande variété de faune et flore.
- Les vents traversant le terrain sont :

Vents d'hiver nord-ouest, vents d'été nord-est, et les vents chauds et secs du sud. (La palmeraie protège déjà relativement bien le terrain des vents du sud, et il est conseillé de projeter une ceinture verte afin d'avoir le même effet contre les autres vents).

V. Orientation du PDAU

- Boisement et plantation de palmier dattier de sorte à ceinturer l'agglomération ;
- Rajeunissement de la vieille palmeraie ;
- Proposition d'une ceinture verte tout autour de la ville.

Aménagement urbain :

- Occupation rationnelle des poches vides interstitielle ;
- Améliorer la densité du cadre bâti ;
- Proposition de nouveaux sites d'urbanisation.

VI. Conclusion

La ville de Biskra et spécifiquement le terrain d'étude, est une zone à vocation agricole à mettre en lumière vu sa situation géographique stratégique ainsi que la diversité de sa faune et flore (les vocations économiques et touristiques restent des potentialités de mise en valeur locale exploitable).

Toute intervention sur le site doit considérer les contraintes climatiques (forte température, faibles humidité, rafales de vents saisonniers et dominants soufflant sur la zone d'étude.

Notre zone d'intervention s'inscrit dans un climat sec et chaud (aride) ou les systèmes évaporatifs sont les plus efficaces et appropriés à l'amélioration du confort local.

La topographie du terrain est plate et l'accessibilité est assurée par voies routière.

I. Introduction

Une conception architecturale est l'aboutissement d'un processus d'étude et de réflexion sur différents aspects d'un projet (problématique, thème, contexte, climat, contrainte du site, ... etc.). Dans ce qui suit, nous détaillons toute la démarche de conception avec comme objectif principal la projection d'un projet en adéquation avec ces différentes facettes.

II. Genèse du projet

Le but ultime de l'architecture bioclimatique est de garantir un maximum de confort aux usagers en optimisant au mieux les conditions environnementales du projet.

Dans notre cadre d'intervention, la réflexion se fait sur un site qui est le vieux Biskra spécialement une partie située au Bordj turc de la ville. Celle-ci étant régit par un climat aride, l'oasis est l'environnement naturel garantissant le meilleur confort aux usagers.

En déduction, recréer un environnement oasien est donc l'approche la plus adéquate à un projet architectural bioclimatique saharien, agricole de surcroit.

Cet étape consiste à matérialiser les synthèses précédentes en traçant les principes et les méthodes d'élaboration de notre projet, qui s'appuie sur :

- Les données physiques et climatiques du site à partir duquel découlent les points, les axes et les directions à prendre en charge.
- La thématique du projet
- Les stratégies bioclimatiques.

II.1 Idéation

Définition

- Une oasis est un îlot de terrain, apte à la **végétation** et à l'habitation humaine, perdu au milieu d'espace désertiques et dont l'existence est généralement liée à la présence de l'**eau**.
- Zone **fertile** dans une étendue de terrains **arides**.
- Tout lieu, toute situation qui offre une **détente**, un **repos**, qui se présente comme une exception au milieu de ce qui est désordre, trouble, etc.(fidesio, 2019).

Des définitions de l'oasis ressort l'omniprésence de la végétation et de l'eau afin de créer une zone de vie et de confort au milieu d'un milieu aride.

Les axes directeurs de notre conception seront donc : confort, végétation, eau.



Figure 105 :Oasis, ville de Biskra.

Source : auteur.

 Végétation

 Eau

 Mont rocheux

Ajouter à cela le fait que le grand paysage de la ville de Biskra se distingue par de longues étendues de petits monts rocheux tels des dunes de pierre annonçant l'aridité de la région

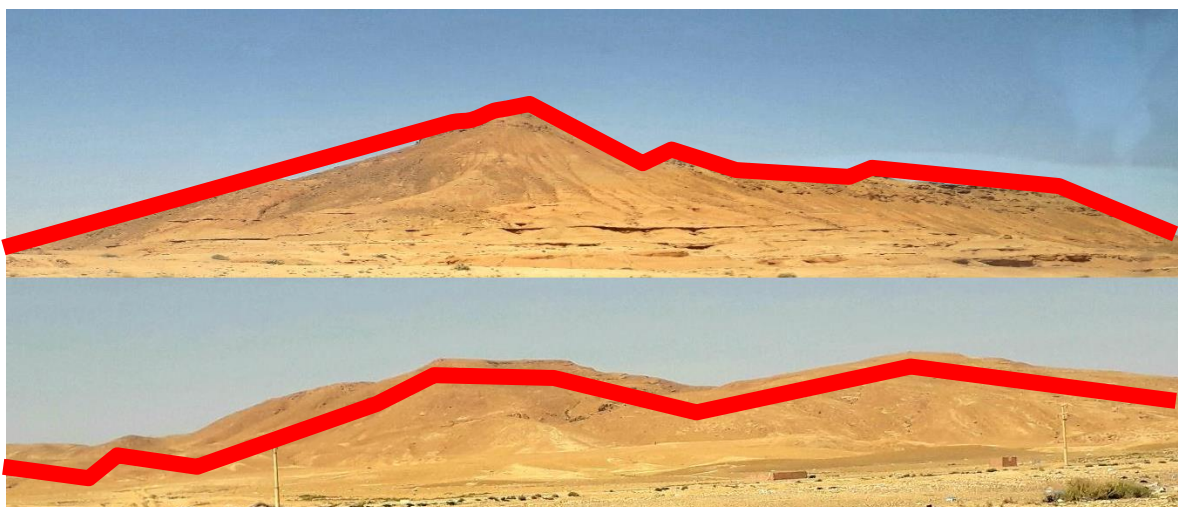


Figure 106: paysages rocheux de Biskra.

Source auteur.

Notre analyse contextuelle à révéler que l'agriculture est le domaine prédominant de la ville de Biskra et actuellement, elle est prédominée par la culture du palmier dattier faisant tout le cachet et l'identité de la ville.



Figure 107: palmeraie à Biskra.

Source : auteur.

Autre élément de l'identité locale à Biskra est son architecture traditionnelle.

Il en ressort plusieurs caractéristiques : principalement : la compacité, l'introversion, le faible gabarit ainsi que la présence du patio. Tous ces éléments se réunissent afin de garantir un confort optimal à l'habitant.



Figure 108: habitat traditionnel, Biskra.

Source : auteur.

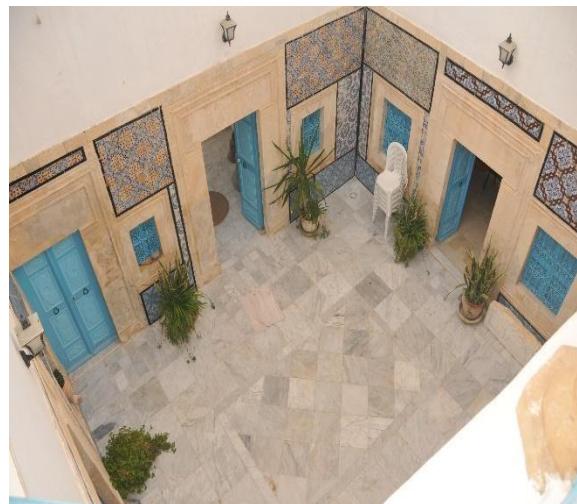










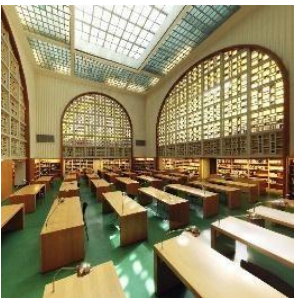


Figure 109: patio dans l'habitat traditionnel.





Source : Google image.






Tableau 2: programme quantitatif et qualitatif






VII. Programme quantitatif et qualitatif				
Activités	Espaces	Descriptions et exigences	Illustrations	Surfaces
Accueil	Hall d'accueil	<ul style="list-style-type: none"> - Espace assurant la transition spatiale et fonctionnelle entre l'intérieur et l'extérieur. - Par son architecture il doit présenter une lisibilité qui assurera la circulation du public sans aucune sensation d'ambiguïté ou de désorientation dans l'équipement. 		200 m ²
	Poste de sécurité	Salle dédiée à la surveillance et la sécurité où sont reliés et gérés tous les systèmes de sécurité mis en place dans l'établissement.		56 m ²
Information	Bureau d'information	Espace servant à accueillir et guider les usagers à l'intérieur de l'équipement ainsi qu'à leur procurer tout renseignement ou indication utile à leur recherches.		30 m ²




<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Restauration</p>	<p>Restaurant/ Cafeteria</p>	<p>Ceux sont des espaces de consommation mais également considérés comme des lieux de repos et de détente nécessaire aux échanges et interactions (entre étudiants/enseignants formateurs/chercheurs/administrateurs).</p> <p>Cet espace se scinde en 02 unités : - De préparation : (cuisine) se sont des espaces privés pour préparer les différents plats.</p> <p>- Salle de consommation : c'est un espace public de consommation, de rencontre et de discussion.</p>		<p>40 m²</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Formation</p>	<p>Amphi</p>	<p>Cette entité prend en charge tout échange et diffusion de toute matière de connaissance dans le cadre de la formation, cela peut être un cours, une projection cinématographique, documentaire, des séminaires...etc.</p>		<p>300 m²</p>
	<p>Salle de cours</p>	<p>Salle où sont donnés les cours magistraux et enseignement liée à la formation.</p>		<p>Entre 80 m² et 150 m²</p>



	Salle informatique	Salle équipée d'ordinateurs permettant les recherches numérique et/ou mise en pratique d'exercices en liaison avec la formation donnée.		93 m ²
	Bibliothèque	Son rôle principal est de développer les moyens de formation et d'information, de répondre aux besoins de documentation et d'étude, elle assure des tâches de conservation et de mise en valeur de ces fonds.		95 m ²
	Salle de lecture	Espace annexe à la bibliothèque dédié à la consultation des ouvrages et acquisition d'information et documentation nécessaire à la formation.		330 m ²
	Salle polyvalente	Espace où peuvent être pratiquées différentes activités complémentaires à la formation et pouvant être réaménagée selon les besoins.		70 m ²
	Salle de conférence	Grand espace dédié au partage de l'information, séminaires, conférences, colloques...etc.		875 m ²






	Loge	Arrière salle à la salle de conférence servant à la préparation des conférenciers avant début de l'évènement, ou à faire des pauses entre les différentes interventions.		76 m ²
Recherche	Laboratoire de recherches	Dans ce laboratoire sont effectués des préparations d'échantillons (centrifugation, tri, ...), leur conditionnement leur identification, ainsi que toute activité d'essais scientifiques et de recherche nécessaire.		112 m ²
	Chambre de stérilisation	Espace de transition entre l'espace commun du centre et le laboratoire, dont la fonction est l'élimination d'agents biologiques pouvant mettre en péril le travail de recherche au sein du labo ou la santé publique en quittant celui-ci.		6 m ²
	Chambre froide	Espace de stockage à température contrôlée annexe au laboratoire,		20 m ²

	Chambre de germination	Espace annexe au laboratoire spécifique au suivie de germination de graines et plantes.		20 m ²
	Bureaux des chercheurs	Lieu de travail où l'occupant peut s'isoler afin de mener à bien son activité de recherche et rapports de celle-ci.		22 m ²
	Vestiaires	Ceux sont des espaces utilisés pour se changer et déposer des vêtements de maison, d'extérieur ou de travail.		50 m ²
Repos	Salle de repos	Espace annexe servant à prendre un temps de pause, pouvant servir d'espace de consommation aux usagers.		50 m ²
Hygiène	Sanitaires	Espace d'hygiène présente obligatoirement dans chaque unité de travail.		60 m ²

Santé	Infirmierie	Espace sanitaire dédié à l'administration de premiers soins aménagé avec le matériel médical de base à cet effet.		50 m ²
Administration	Bureau de direction	Bureau principale du pôle administratif servant à la gestion globale du projet.		30 m ²
	Secrétariat	Espace annexe au bureau de la direction permettant les activités administratives et d'organisation.		30 m ²
	Bureau de la pédagogie	Bureau permettant la gestion de la formation et des espaces pédagogique du projet ainsi que la liaison avec l'administration de celui-ci.		36 m ²
	Salle de réunion	Salle servant à la rencontre, dialogue et organisation de toutes les facettes du projet.		65 m ²

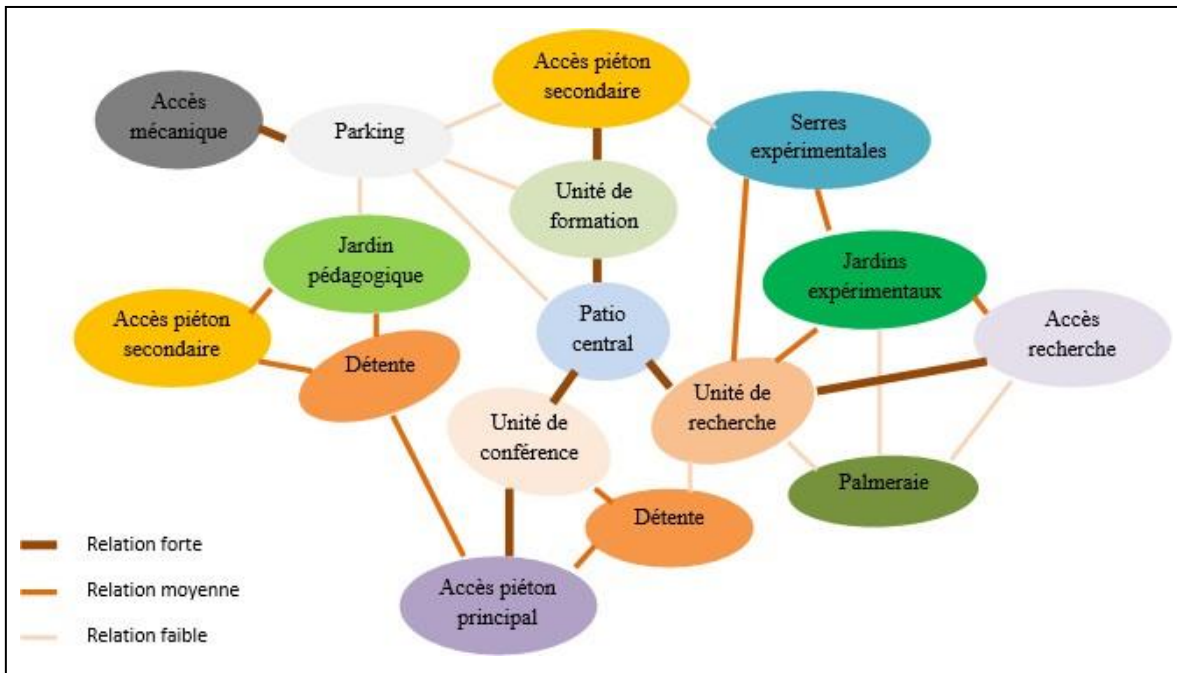
	Bureaux des enseignants	Dédiée pour préparer des réunions, leur travail pédagogique et prendre le temps de pause. Ce lieu doit permettre d'effectuer toutes les tâches quotidiennes : affichage, préparation des enseignements. Les enseignants doivent pouvoir s'approprier ce local pour leur moment de pause-café, éventuellement déjeuner et détente.		30 m ²
	Bureau de comptabilité	Bureau dédié à la gestion financière du projet.		36 m ²
	Salle d'archive	Ce local sera destiné à accueillir les archives scientifiques et administratives.		65 m ²

Maintenance	<p>Locaux technique</p>	<p>C'est une activité qui permet l'entretien des biens matériels ainsi qu'elle assure le besoin technique.</p> <p>Ces locaux sont nécessaires pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les installations de chauffage et de climatisation - Les installation électriques : transformateurs, disjoncteurs, batteries des éclairages de sécurité. - Installations téléphoniques - Machinerie des ascenseurs - Rangement des appareils et produits nécessaires aux nettoyages des locaux - Bâche à eau - Atelier de maintenance et reprographie avec un dépôt. 		114 m ²
Stockage	Stockage matériel	Espace annexe aménagé dans l'objectif de stocker tout le matériel nécessaire à l'activité de recherche.		20 m ²
Espace extérieurs	Serres expérimentale	Espace couvert à des fins d'exploitation agricole dont l'objectif est de recréer un climat adéquat au développement de certaine plante.		1789m ²

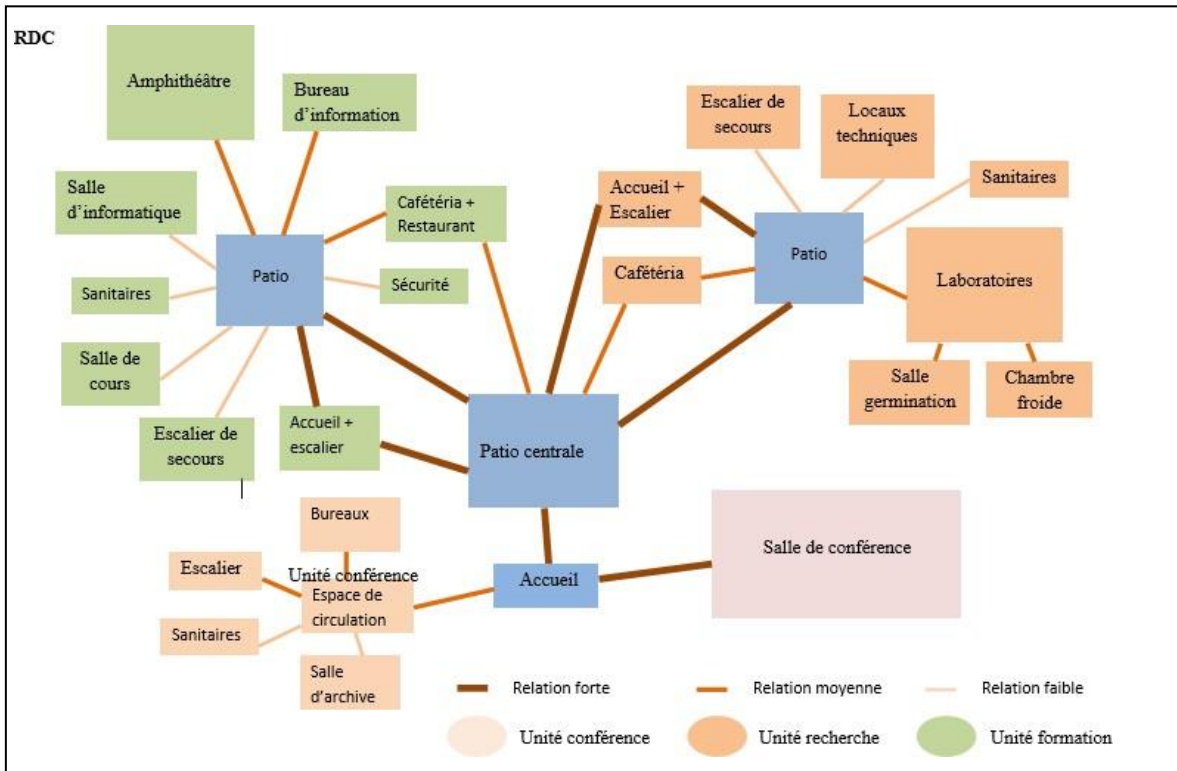
Jardins pédagogiques	Espace vert dédié à la mise en pratique des connaissances théorique acquises par les futurs agriculteurs.		2693m ²
Jardins expérimentaux	Espaces de plantation expérimentale annexe aux laboratoires, avec surface extérieure, jardins floraux et plusieurs bassins d'alimentation.		5355m ²
Palmeraie	Surface de plantation de palmier dattier afin de mettre en pratique les savoir-faire de cette partie importante de l'agriculture saharienne.		2653m ²
Placette et points d'eau	Espace d'accueil et détente, composé d'espace vert, point d'eau et pergola donnant un cadre agréable aux visiteurs.		5458m ²
Parking	Espace mécanique dédié au gardiennage des véhicules des usagers du projet.		1531m ²

III. Organigrammes :

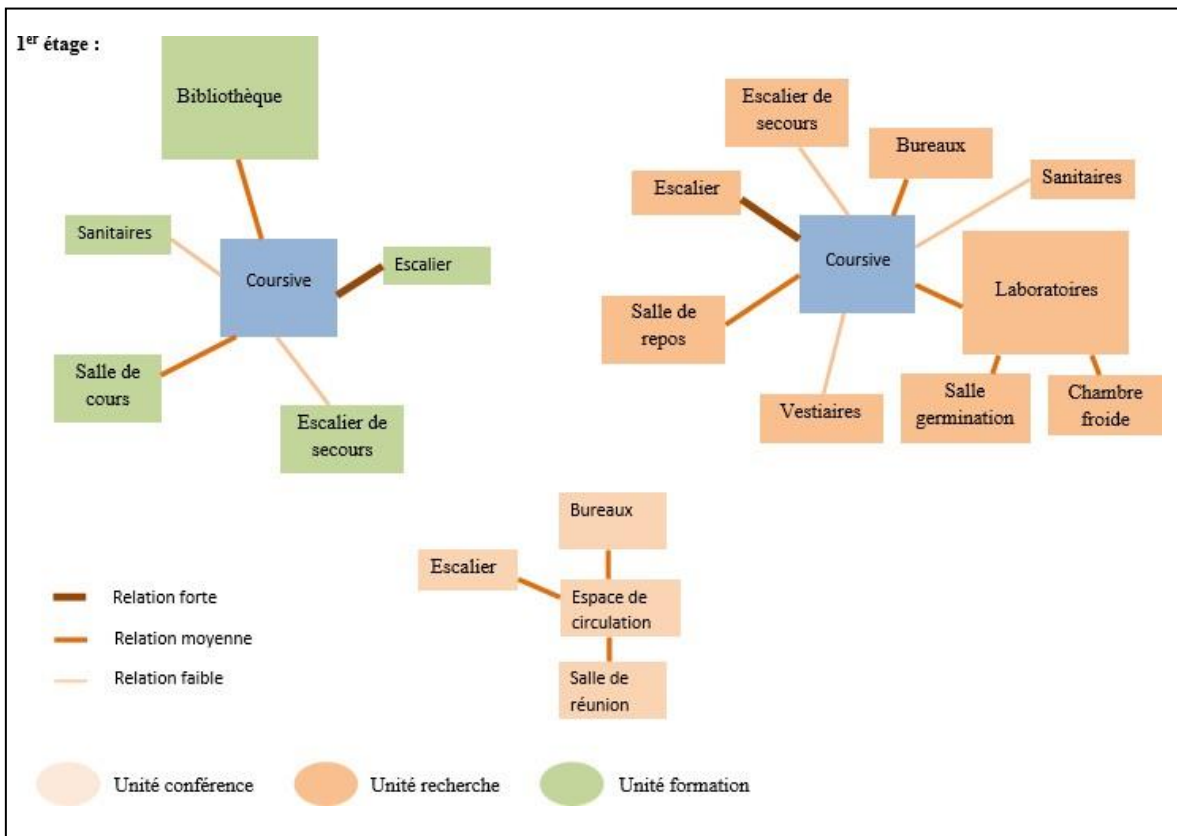
Plan de masse :



Plan RDC



Plan 1^{er} étage



IV. Description des plans :

Plan masse :

Notre projet trouve son assise sur 5800m² au milieu des 3ha du site d'intervention. Le reste de la surface permet la projection de différents espaces annexes assurant une activité complète du projet et s'inscrivant dans la thématique traitée.

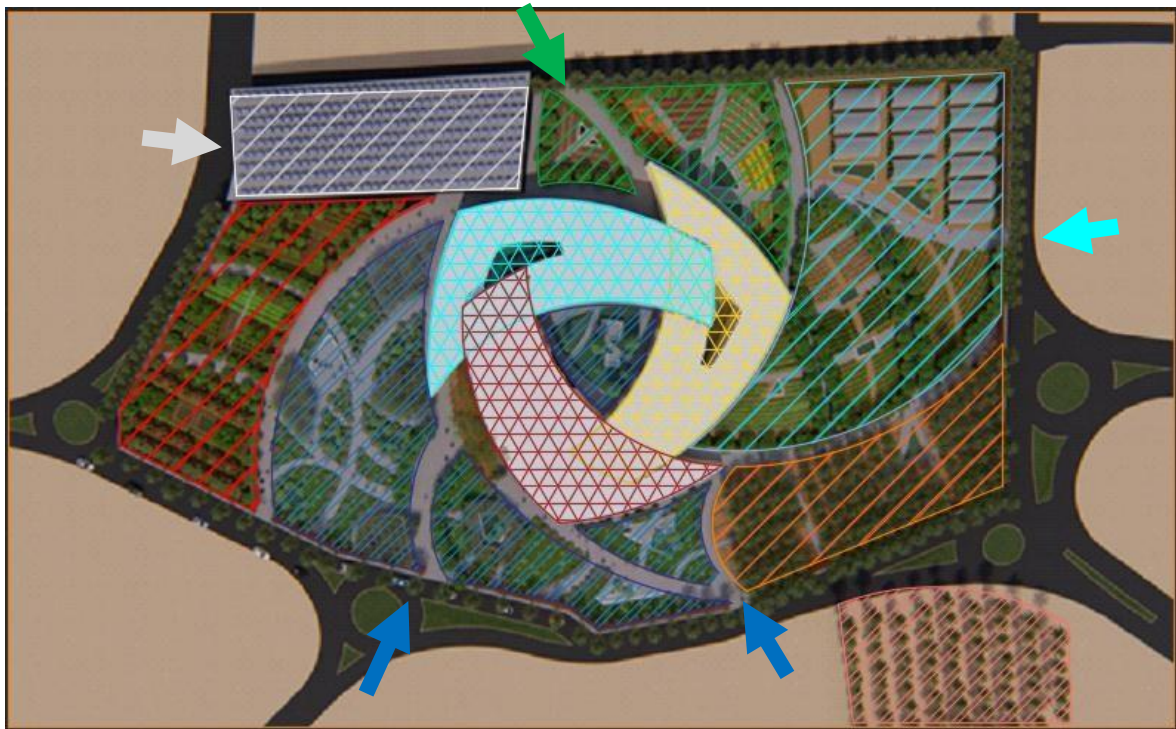
Il se développe en 3 pôles :










1. Pour commencer nous avons le pôle de formation, annexé par un espace extérieur pédagogique permettant aux futurs usagers de former et de pratiquer leurs acquis théoriques.
2. Ensuite nous avons le pôle de recherche qui est joint d'une grande exploitation et de serres expérimentales ; et pôle de conférence et de direction permettant ainsi une fluidité de la circulation tout autour ainsi qu'une homogénéisation des espaces extérieurs annexes aux pôles projetés, le tout créant une ambiance accueillante et une balade agréable et diversifiée.
3. Pour finir nous avons le pôle de conférence et de direction accompagné d'un large espace d'accueil et de détente assurant un cadre agréable aux usagers.


Accessibilité


Accessibilité au terrain est assurée par une route secondaire au boulevard Tina Smail.

1. Dans un souci d'écologie, l'accès mécanique au terrain a été limité à l'accès au parking au nord-est du terrain. A noter que les allées de circulation du projet sont dimensionnées de façon à permettre une circulation mécanique en cas d'urgence.
2. L'accès piéton principal se fait par le sud directement vers les espaces extérieurs d'accueil et de détente.
3. Le projet dispose d'un accès secondaire par le nord et d'un accès à la zone de recherche par l'est.



	jardins pédagogiques		pôle de formation		palmeraie
	espace accueil et détente		pôle de conférence et administration		panneaux solaire (sur parking)
	serres et jardins expérimentaux		pôle de recherche		jardins floraux expérimentaux

 Accès piéton principal

 Accès piéton secondaire

 Accès mécanique


 Accès zone de recherche

Figure 110: zoning et accessibilité sur le plan de masse.



Figure 111: matérialisation des espaces extérieurs.

Plan du RDC

Notre projet se composant de 03 pôles, le RDC se subdivise en 03 parties emboîtées autour d'un espace central servant aussi bien d'espace de circulation et communication que d'espace de détente.

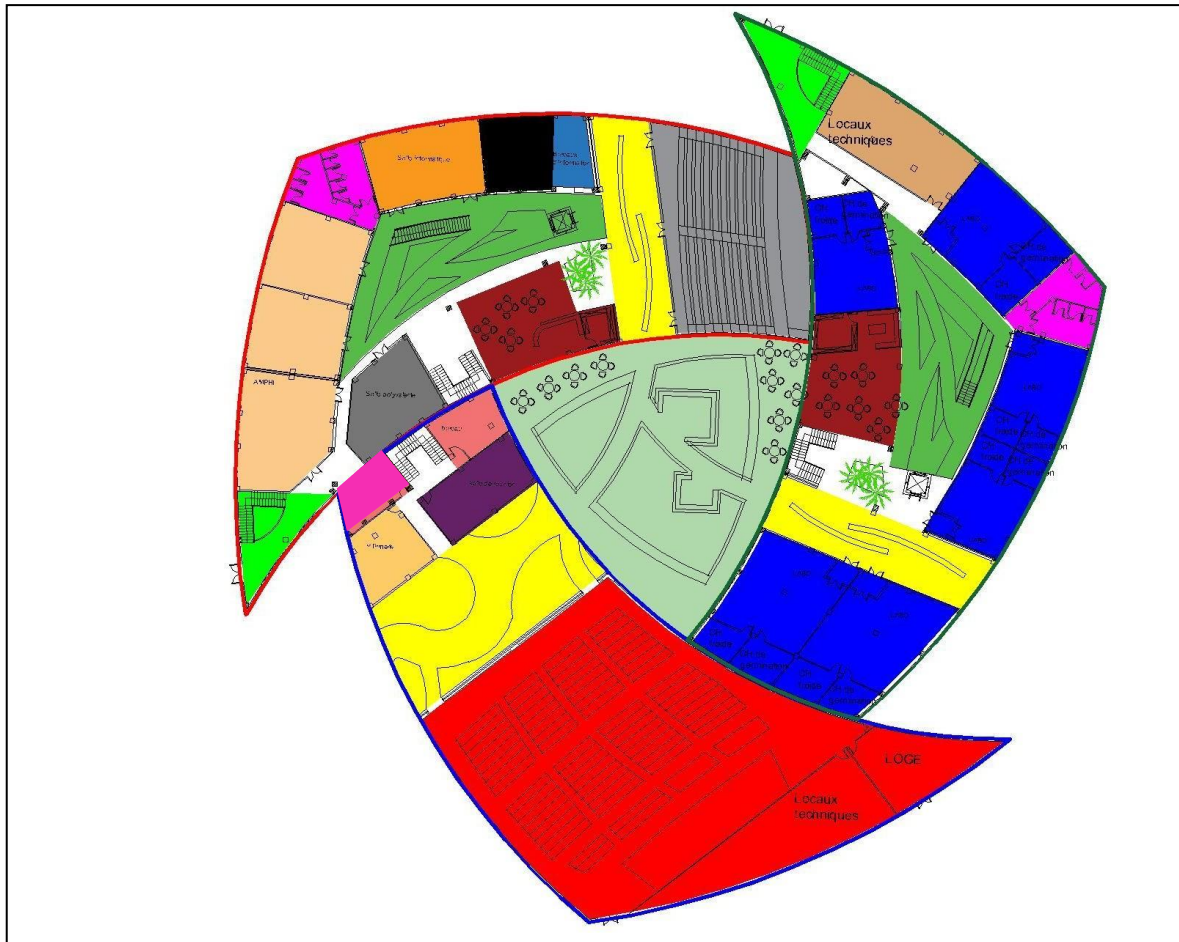
Chaque bloc est traversé par une faille servant de liaison entre l'espace extérieur du projet et sa partie introvertie.

L'accès principal à l'espace central se fait par la faille du pôle de conférence et d'administration où l'on retrouve une grande salle de conférence de 589 places et différents bureaux et espace de gestion du projet (salle de réunion, infirmerie) ainsi que des sanitaires.

L'espace central nous donne ensuite accès aux deux autres blocs.

Le premier qui est celui de la formation comporte un espace d'accueil et d'information, des salles de cours, un amphithéâtre, salle d'informatique ainsi qu'un espace de détente et de consommation. Tous ces espaces s'articulent autour d'un patio central, dans lequel on retrouve deux escaliers et un ascenseur permettant d'accéder au 1^{er} étage du projet.

Le dernier bloc est celui de la recherche, comportant des laboratoires de recherche avec sas de stérilisation, chambre froide et chambre de germination ; un espace de consommation ainsi que les locaux techniques.



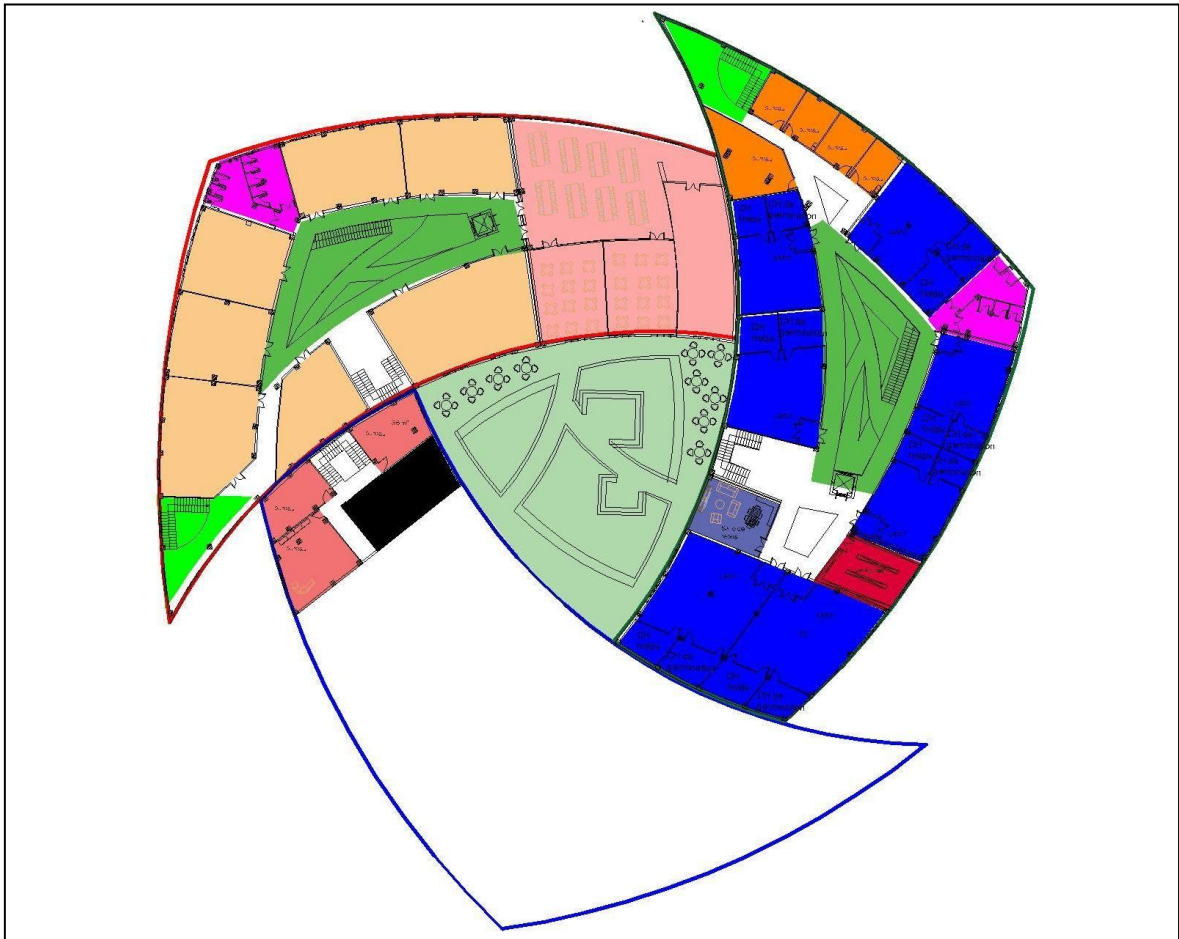
- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|-------------------------------|
|  | pôle de conférence et administration |  | pôle de formation |
|  | salle de conférence |  | salles de cours |
|  | entrée principale |  | securité |
|  | bureaux |  | bureau d'information |
|  | salle de conférence |  | sortie de secours |
|  | infirmierie |  | amphitheatre |
|  | pôle de recherche |  | espace de consommation |
|  | laboratoires de recherche |  | salle polyvalente |
|  | accès secondaire recherche |  | entrée secondaire (formation) |
|  | locaux techniques |  | salle polyvalente |
|  | patio |  | sanitaires |

Figure 112: espaces RDC.

Plan 1^{er} étage

Le premier étage est organisé de la même manière que le RDC.

1. La salle de conférence s'arrête au RDC. L'administration se développe au premier étage par des bureaux et une salle d'archive.
2. Dans le pôle de formation, on retrouve d'autres salles de cours, ainsi que la bibliothèque et la salle de lecture. Ces espaces sont desservis par une coursive et donne sur le patio.
3. Le pôle de recherche comporte quant à lui d'autres laboratoires de recherches, les bureaux des chercheurs, un espace de repos et des vestiaires. Tout comme le bloc de formation, les espaces sont desservis par une coursive donnant sur le patio.



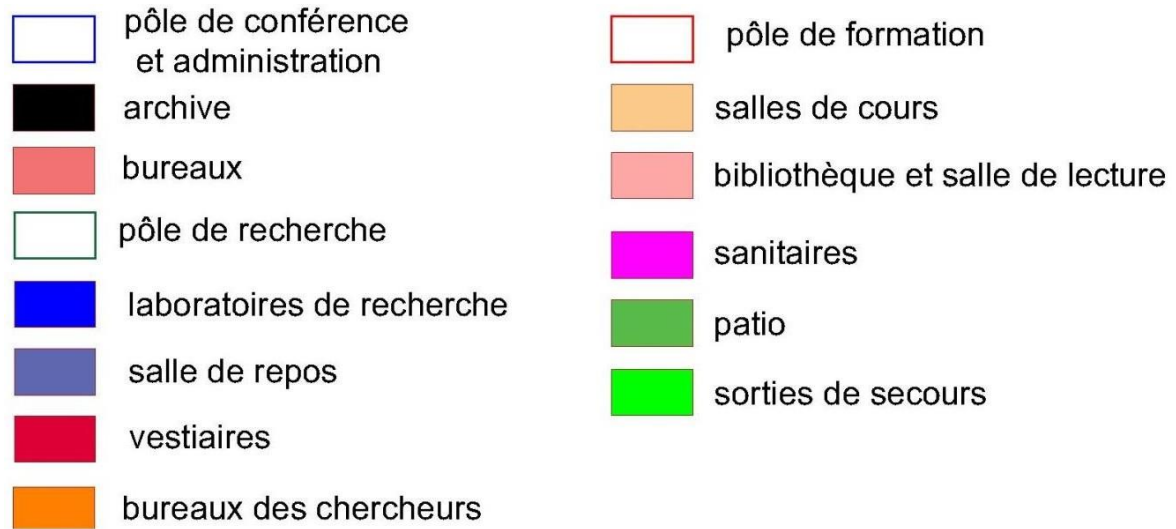


Figure 113: plan 1er étage.

Description de l'enveloppe

Façade extérieure :

Le palmier et l'arbre emblématique de la ville de Biskra et les palmeraies sont les lieux les mieux ombragés et confortables.

Dans le souci de protéger nos façades au mieux des rayonnements solaires, nous avons décidé de l'habiller d'une seconde peau protectrice reprenant la forme du palmier ainsi que la caractéristique d'ombre offerte par l'oasis.

Il en découle une forme en mouchaghabiya permettant de protéger les ouvertures du rayonnement solaire, avec une partie supérieure entièrement pleine accentuant cet effet de protection et ajoutant une touche de modernité au projet.

Les couleurs claires choisies viennent clore cette démarche en ayant un albédo élevé renvoyant par conséquent les rayons du soleil.

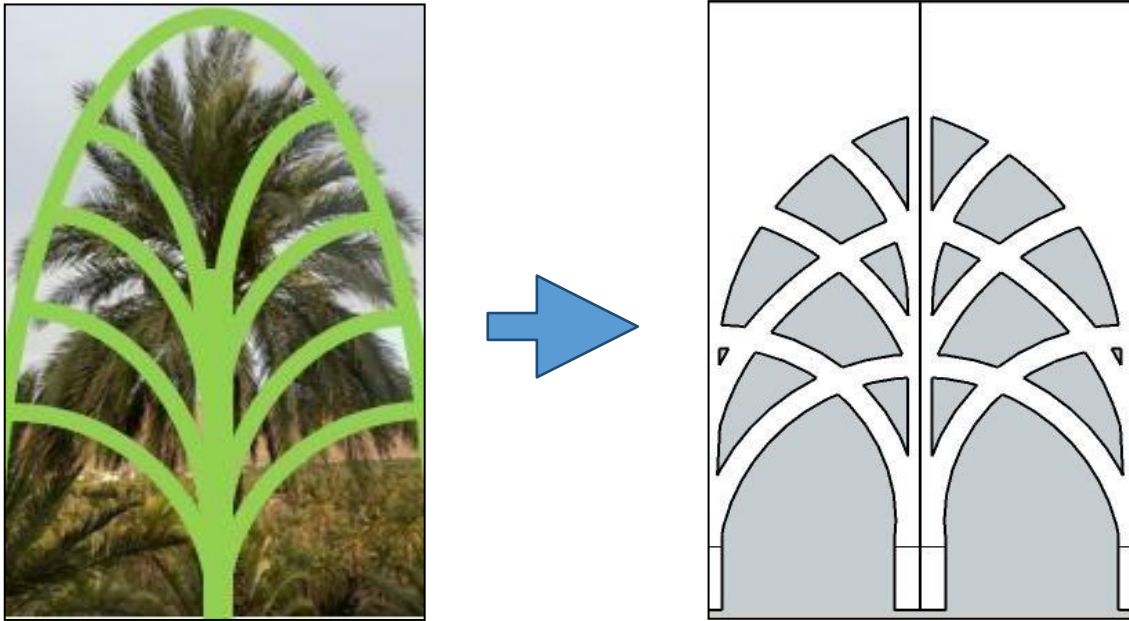


Figure 114: stylisation du palmier.

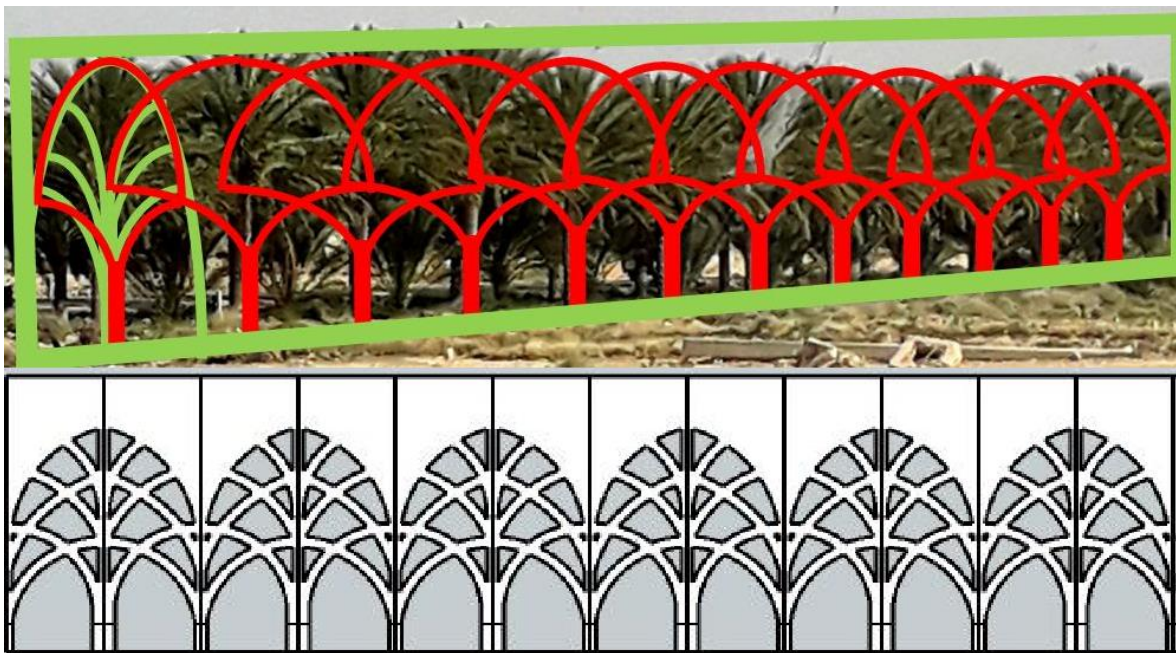


Figure 115: répétition du module selon la palmeraie.

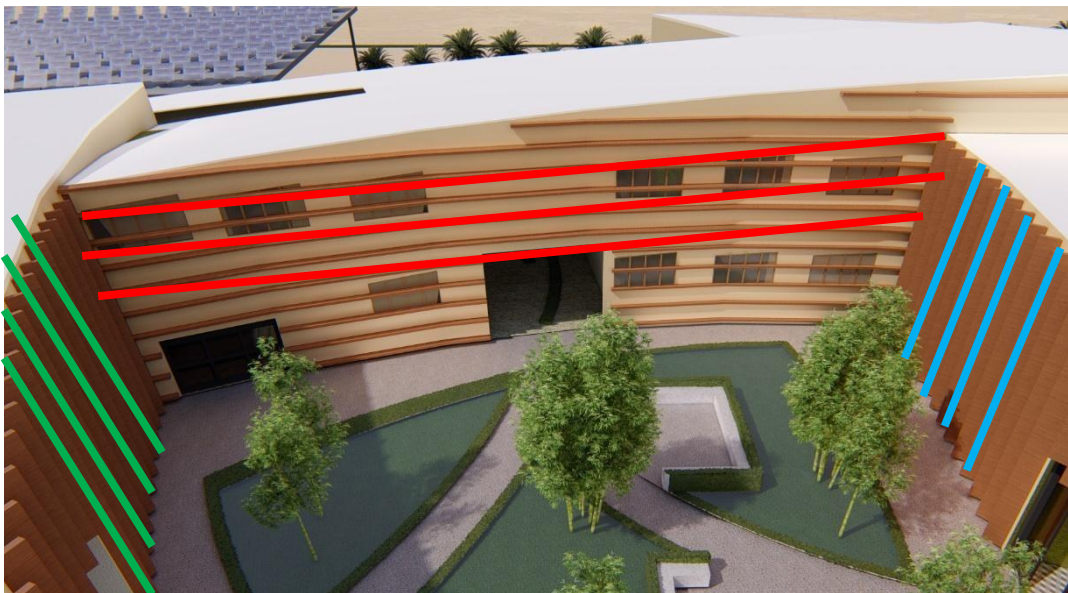


Figure 116: modélisation de la façade.

Façade intérieure :

Le projet étant conçu sur le concept de l'introversion, il est plus ouvert vers l'espace central.

Les ouvertures projetées sont simplement protégée par des prises solaires horizontaux pour la façade orientée sud et verticaux pour les façades orientées est et ouest.



≡≡≡ Brise soleil horizontal (sud)

|||| Brise soleil vertical (ouest)

|||| Brise soleil vertical

(est)

Figure 117: façade intérieure

L'entrée principale du projet est matérialisée par une couverture constituée de brises solaires.



Figure 118: entrée principale du projet.

V. Evaluation environnementale

1. Confort d'hiver

Capter :

Orientation

Notre projet est orienté sud-est/sud-ouest, avec inclinaison des façades vers le sud afin de capter au mieux les rayons solaires horizontaux en hiver.

Il est également conçu de manière à contrer les vents nord-ouest et nord-est qui influent dessus, et ça forme dynamique a pour objectif d'adoucir l'impact de ceux-ci sur les parois de l'enveloppe.

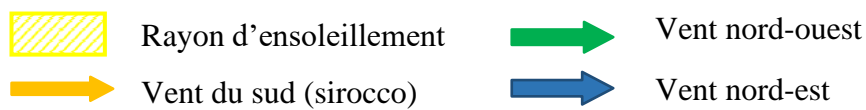
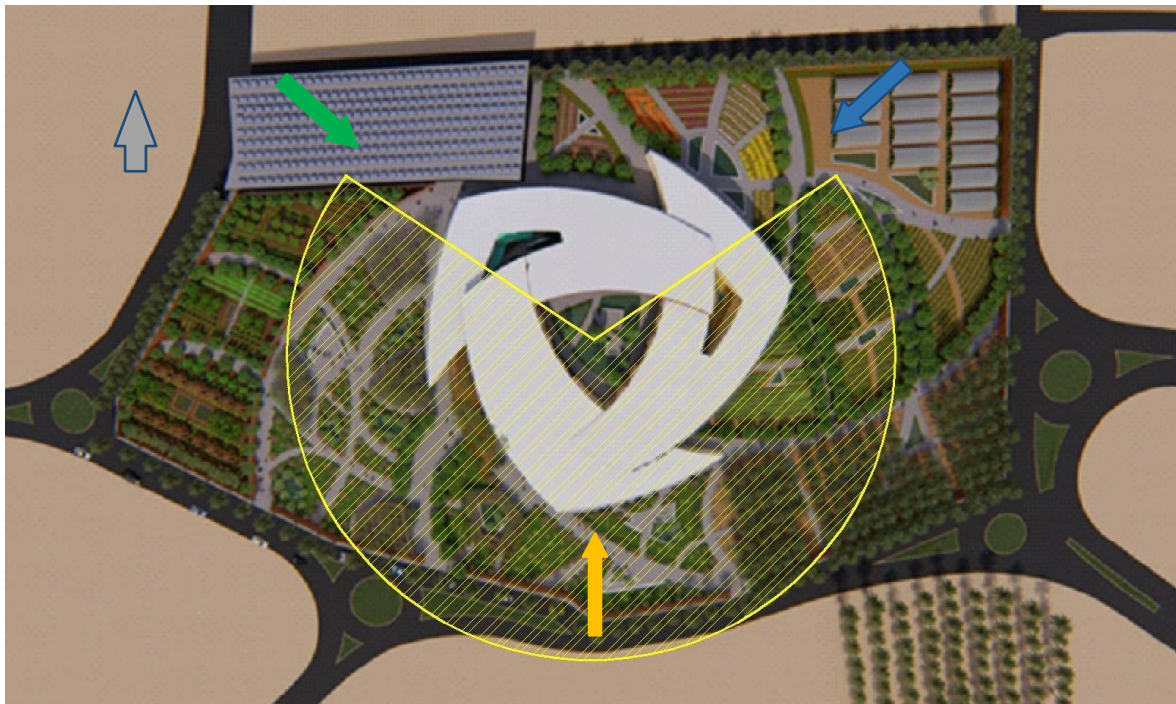


Figure 119: impact d'ensoleillement et vents sur le projet.

Conserver et distribuer :

La parois extérieure en double panneau isolant offre une forte isolation thermique et permet de garder la thermicité offerte par le chauffage à l'intérieur des espaces.

La compacité du projet permet également de limiter les déperditions thermiques en limitant les surfaces de contact avec l'extérieur permettant ainsi de conserver et distribuer la chaleur à l'intérieur des espaces du bâtiment.



Figure 120: compacité et inclinaison du projet.

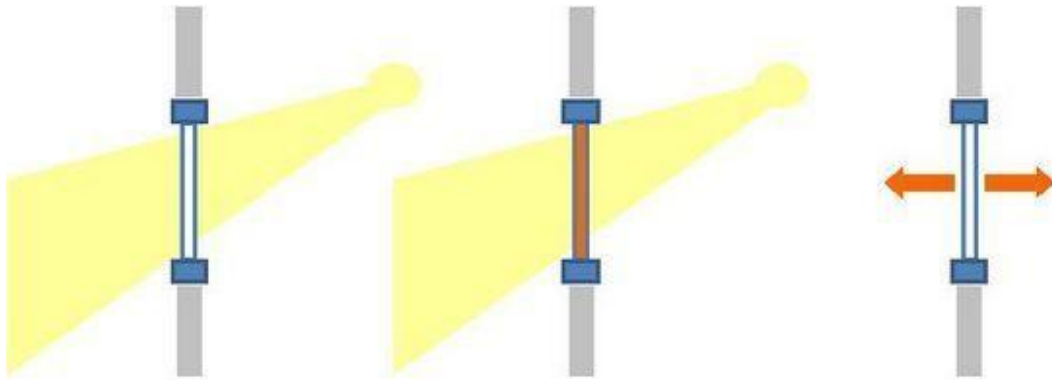
Vitrage :

Nous avons opté pour un double vitrage avec matériau à changement de phase intégré à la place de la lame d'air standard.

Fonctionnement hiver :

- Etape 1 : En hiver, le soleil est plus bas sur l'horizon. Ainsi, les rayons horizontaux peuvent traverser le vitrage et, en particulier, le matériau à changement de phase contenu à l'intérieur.
- Etape 2 : De la même manière que le fonctionnement été, le matériau emmagasine l'énergie thermique fournie par le soleil. Il stocke cette énergie sous forme de chaleur sensible et latente.

- Etape 3 : Lorsque le soleil disparaît, la température du matériau à changement de phase diminue jusqu'à ce qu'il reprenne son état initial. La chaleur absorbée est alors restituée des deux côtés du vitrage. Une partie sera récupérée dans le bâtiment.



Confort d'été :

Notre projet a été conçu de sorte à profiter des apports lumineux des rayons solaires tout en évitant les apports thermiques trop importants qui s'en accompagne, considérant le climat chaud et sec de la région, ajouter à de longue période d'ensoleillement allant jusqu'à 14h par jours.

Protéger

Notre projet a été conçu sur le concept de l'introversion, ajouter à une double peau recouvrant le long de la façade extérieure du projet afin de palier au effet thermique du rayonnement solaire tout en gardant un bon apport lumineux principalement par la façade interne du projet.



Figure 121: façade double peau.

Toiture réfléchissante :

La toiture réfléchissante que nous avons projetée dans notre projet combine un bitume modifié et une couche d'acrylique à très haut pouvoir réfléchissant. Sa surface renvoie jusqu'à 80% du rayonnement solaire permettant ainsi de limiter les apports thermiques via la toiture. Au-delà de l'économie d'énergies (de climatisation), il est à 100% recyclable et est doté d'un pH neutre permettant une récupération idéale des eaux pluviales (Derbigum, 2018).

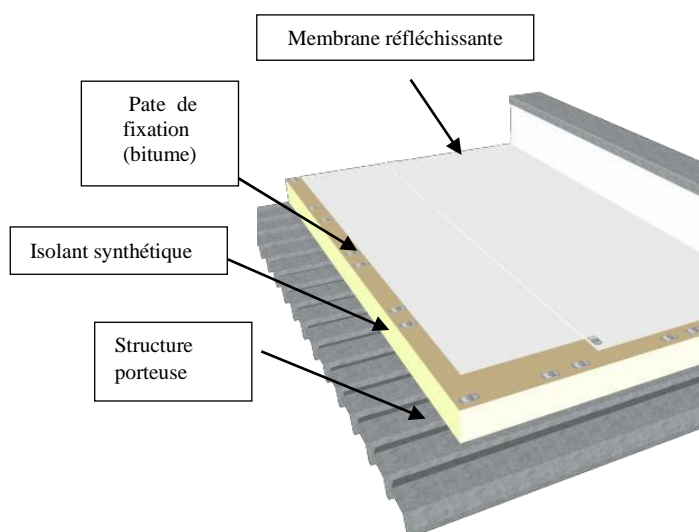


Figure 122: composants d'une toiture réfléchissante.

Source : <https://www.derbigum.fr/etancheite/toitures-reflechissantes/#diagrams>



Figure 123: mise en œuvre de toiture réfléchissante.

Source : Google image.

Brises soleil :

Les ouvertures de la façade intérieure du projet sont protégées de l'important rayonnement solaire par la mise en place de brise soleil. Ce dispositif est adapté verticalement à l'est et l'ouest, et horizontalement au sud.

Selon le diagramme solaire de la ville de Biskra(Figure 99: diagramme solaire de la ville de Biskra.), le mois le plus exposé aux radiations solaires est celui de juin. C'est sur la base de celui-ci que se calcule les dimensions des brises soleil.

Brise horizontal :

$$O = 90^\circ - 67^\circ$$

$$\text{Tg } O = B/H$$

$$\text{Donc : } B = \text{Tg } O \times H$$

$$B = 0.50 \times \text{Tg } 23^\circ$$

$$B = 0.34 \text{ m.}$$

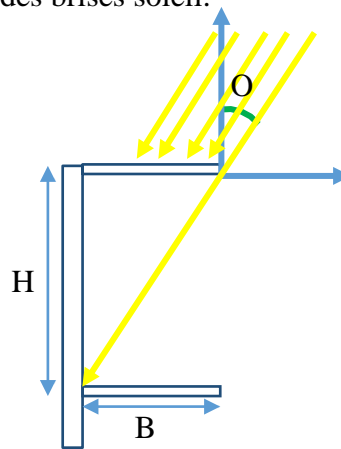


Figure 124: système de calcul de brise soleil horizontal.

Source : auteurs.

Ventiler

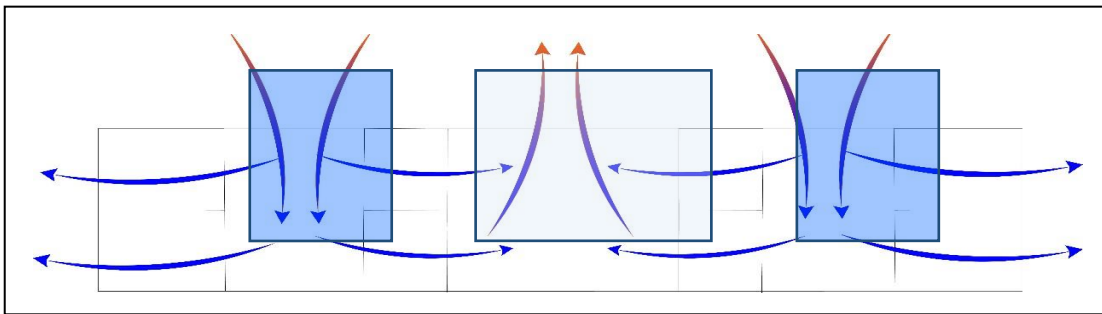
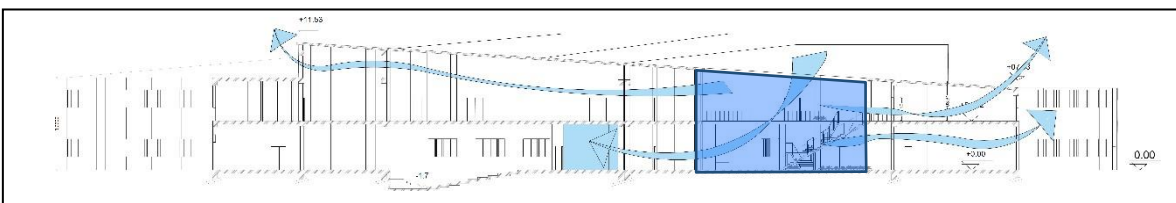


Figure 125: schéma de principe de ventilation par système de patios.



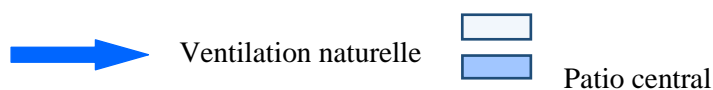
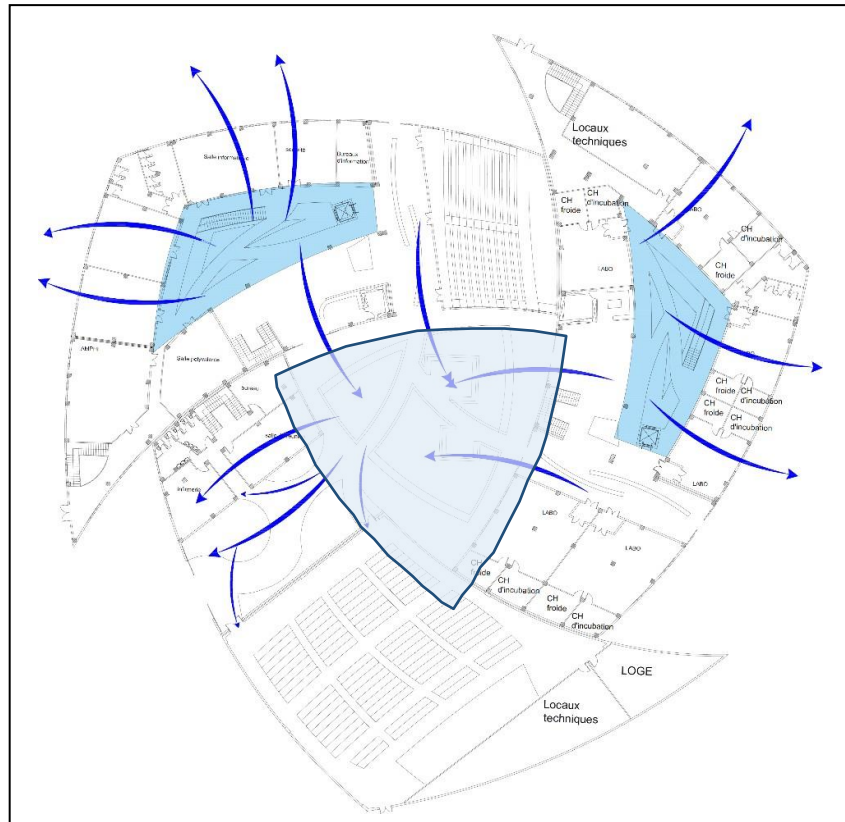


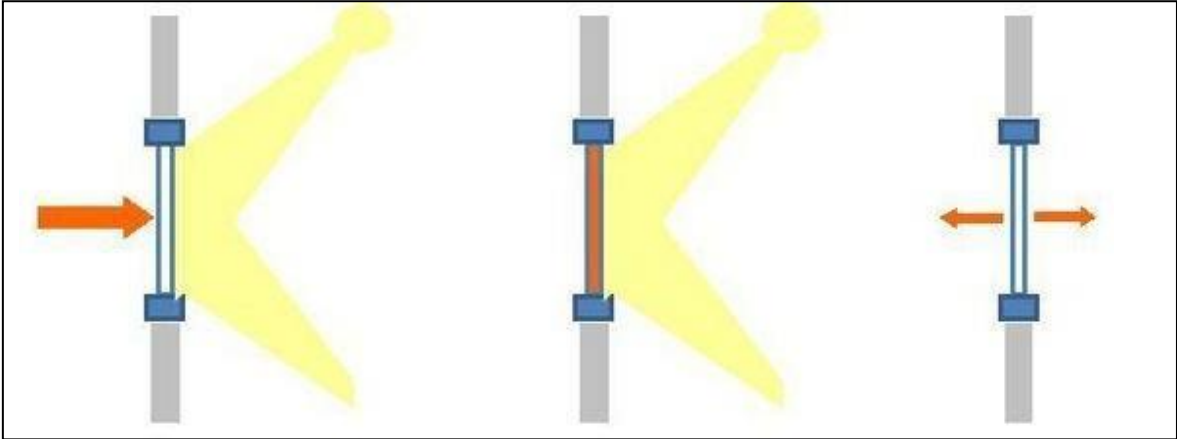
Figure 126: fonctionnement du système de ventilation naturelle dans le projet.

Vitrage :

Fonctionnement été : Le vitrage à changement de phase possède une technologie qui laisse entrer les rayons du soleil seulement si leur angle d'incidence est inférieur à 40° environ : il s'agit d'un verre prismatique. En été, le soleil étant haut dans le ciel, ses rayons seront donc réfléchis lorsqu'ils atteindront le vitrage et n'agiront pas sur le matériau à changement de phase.

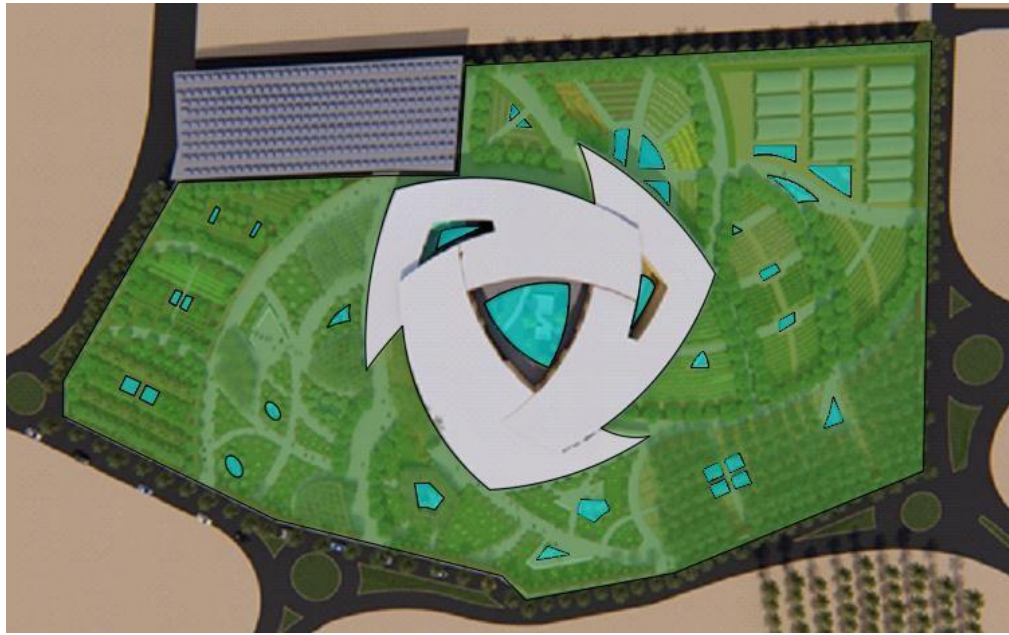
- Etape 1 : Pendant la journée la chaleur contenue dans la maison est absorbée dans le vitrage.
- Etape 2 : La température du matériau contenu dans le vitrage augmente au fur et à mesure. De ce fait, il absorbe de la chaleur sensible jusqu'à atteindre sa température de changement de phase (fusion). Il change alors d'état, emmagasinant ainsi une quantité de chaleur supplémentaire équivalente à la chaleur latente de changement d'état qui lui correspond.

- Etape 3 : Lorsque le soleil disparaît, la température du matériau à changement de phase diminue jusqu'à ce qu'il reprenne son état initial. Il re-émet alors la chaleur qu'il a absorbée.



Végétation /eau :

Le confort des usagers de notre projet est assuré par l'omniprésence du duo eau/végétation sur toute la surface du terrain permettant de créer de l'ombre, d'humidifier l'air et d'adoucir les températures ressenties. Les allées sont ombragées par de grands arbres à fort coefficient de couvrance. Les points d'eau sont multiples et dispersés sur toute la surface du projet.



Espaces verts



points d'eau

Figure 127: espaces verts et points d'eau du projet.



Figure 128: points d'eau.



Figure 129: espaces verts.

Panneaux photovoltaïques :

Nous avons opté pour des panneaux photovoltaïques afin de garantir l'autosuffisance électrique et énergétique du projet.

Ils sont orientés plein sud afin de garantir un maximum de captation solaire.

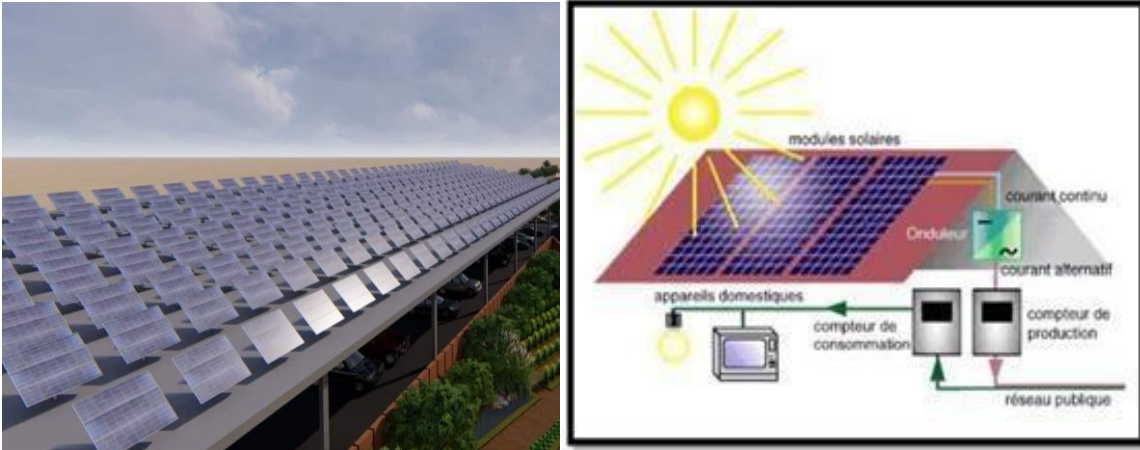


Figure 130: panneaux photovoltaïques.

Gestion de l'eau par récupération des eaux pluviales

Utiliser de l'eau de pluie, c'est adopter une attitude « éco citoyenne », vis-à-vis des problèmes écologiques.

Les toits inclinés favorisent la collecte des eaux de pluie par l'utilisation d'un système de gouttières et de rigoles. L'eau même rare récupérée est réutilisée dans l'irrigation des espaces verts extérieurs, l'utiliser au cas d'incendie, nettoyage ...etc.

Dans le cadre de notre projet, ce système est composé de :

- Une surface de captage dans notre cas c'est la toiture ;
- Un système d'acheminement de l'eau qui la transporte jusqu'au réservoir de stockage (la gouttière) ;
- Un réservoir de stockage pour stocker l'eau jusqu'à son utilisation.

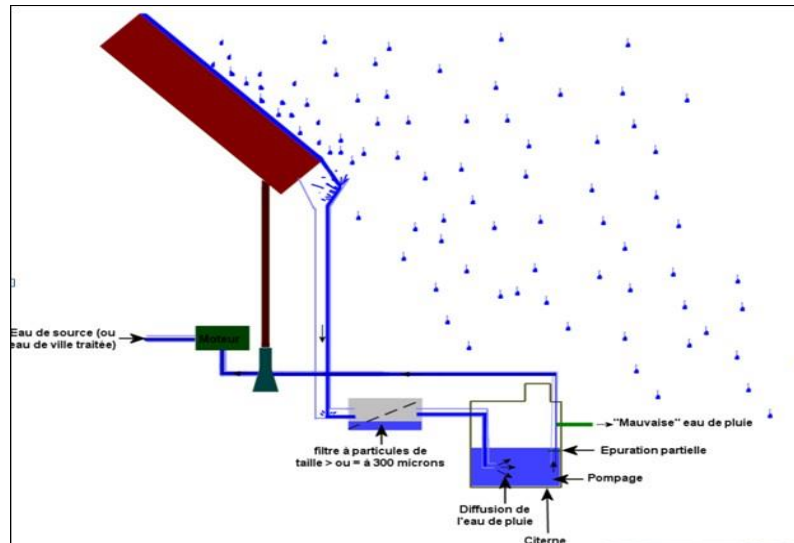


Figure 131: système de récupération des eaux pluviales.

Gestion des déchets par compostage

Cela se fait par l'installation de composteurs en bois parfaitement adaptés à la transformation des végétaux en compost dans les jardins pour la fabrication de terreaux, amendement¹, fertilisant et engrais verts indispensables au bon développement des plantes largement présentes dans notre projet.



Figure 132: composteur.

Source : Google Image

¹ Opération visant à améliorer les propriétés physiques et chimiques d'un sol.

VI. Détails constructifs :

VII. Choix structurel

Le choix du système constructif a été arrêté de manière à répondre aux exigences fonctionnelles, spatiales et formelles caractéristiques à chaque partie de notre projet tout en assurant la stabilité, la durabilité et l'économie.

Pour se faire nous avons opté pour :

- Une structure mixte pour l'amphithéâtre et la salle de conférence ;
- Une structure en béton armé pour le reste du projet.

La structure mixte : a été choisie pour ses caractéristiques physiques :

- Elle présente des qualités physiques et mécaniques qui permettent de franchir de grandes portées avec des retombées réduites et un minimum de points porteurs.
- Elle permet un raccourcissement des délais (rapidité d'exécution et de montage).

La structure en béton armé : elle présente une structure suffisante pour supporter les charges du projet alliant résistance et économie.

Les gros œuvres

Infrastructure :

L'infrastructure représente l'ensemble des fondations et des éléments en dessous du niveau du sol, Pour notre projet on a choisi d'utiliser des semelles isolées considérant le faible gabarit du projet, le caractère autoporteur des parois et la faible sismicité de la zone.

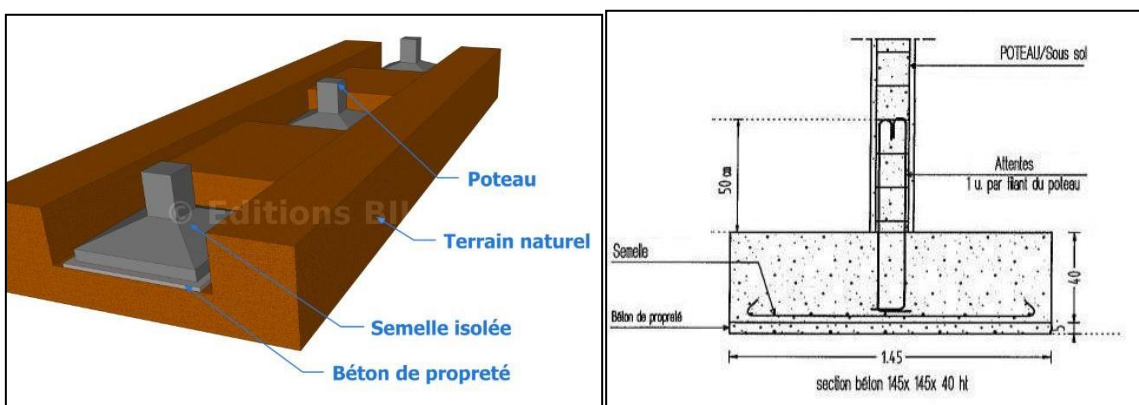


Figure 133: schéma de fondations isolées.

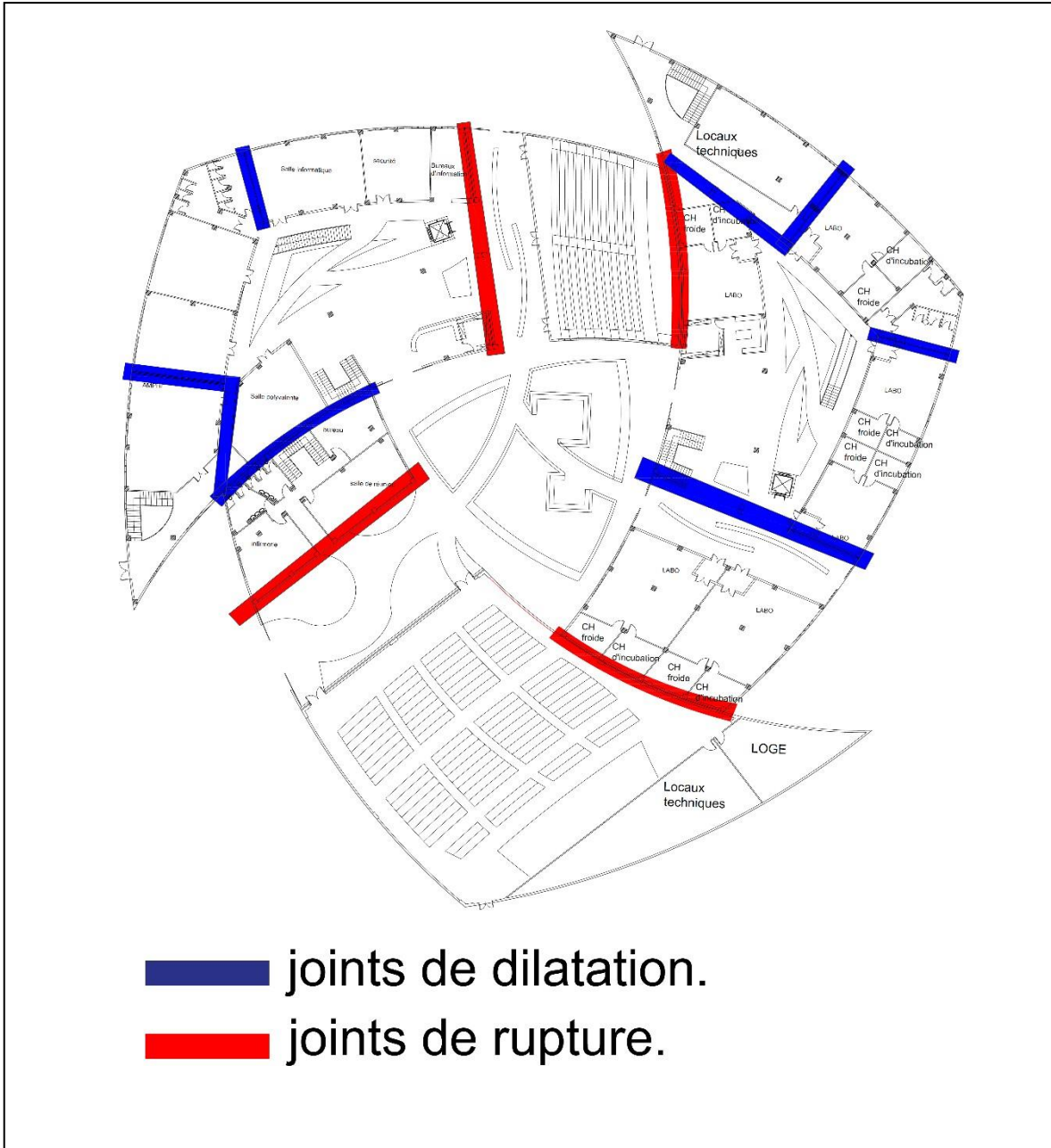


Figure 134: positionnement des joints de dilatation et de rupture.

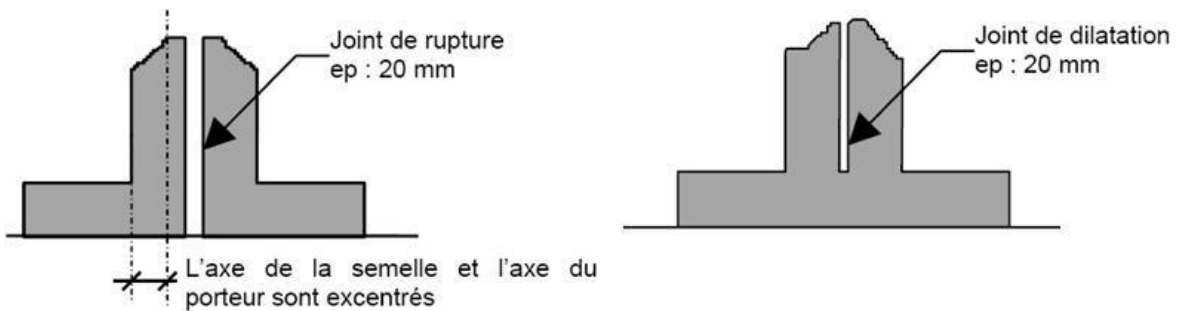


Figure 135: différence entre joints de rupture et joint de dilatation.

Murs et toit

Les murs extérieurs et intérieurs de notre projet seront réalisés avec un nouveau système de construction se composant d'éléments en polystyrène expansé ondulé ou plat enfermé entre deux panneaux de treillis soudés liés entre eux au moyen de connecteurs d'acier (33 par m²) réalisant une nappe d'acier autoportante. La mise en œuvre est complétée sur site par la projection du béton sur les deux faces, ou par coulage de béton.

Utilisation

- Structure porteuse pour les bâtiments ;
- Cloisons et murs extérieurs ;
- Clôture ;
- Planchers.

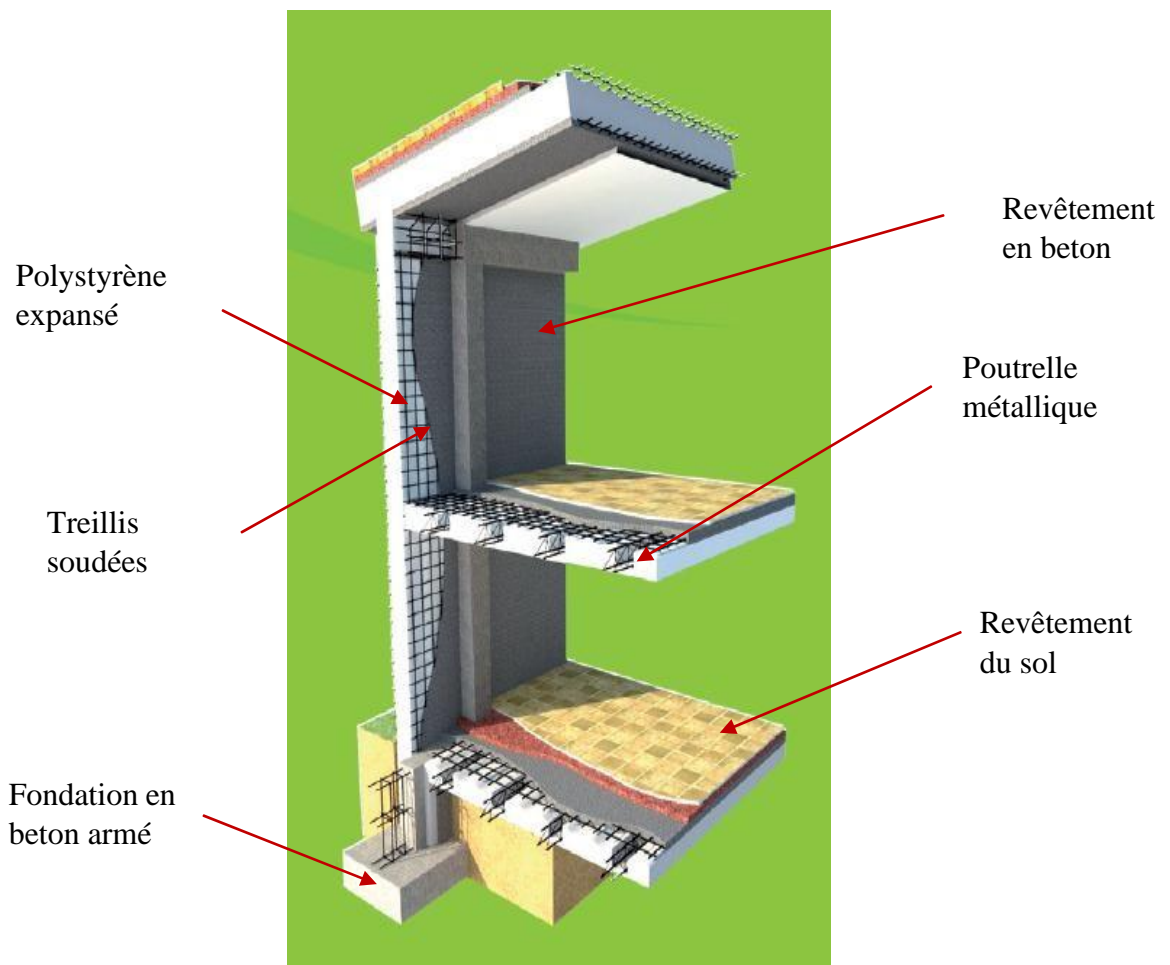


Figure 136: détails constructifs

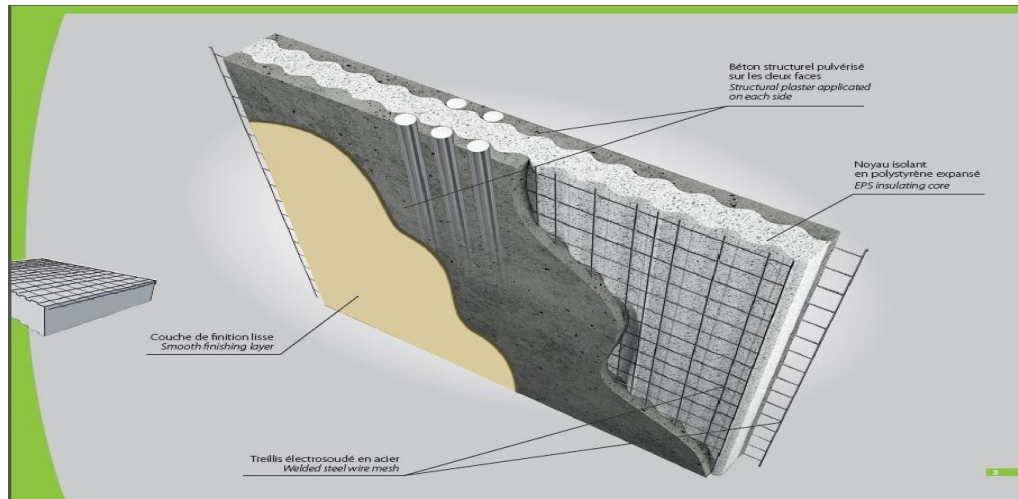


Figure 137: détails constructif : murs

Murs intérieurs

Description

C'est un panneau de polystyrène expansé (E.P.S.) assemblé avec deux plaques de treillis soudé connectées entre elles par des fils d'acier.

La forme et l'épaisseur peuvent varier en fonction des besoins.

Toutes les séparations intérieures de notre projet seront faites en un panneau simple.

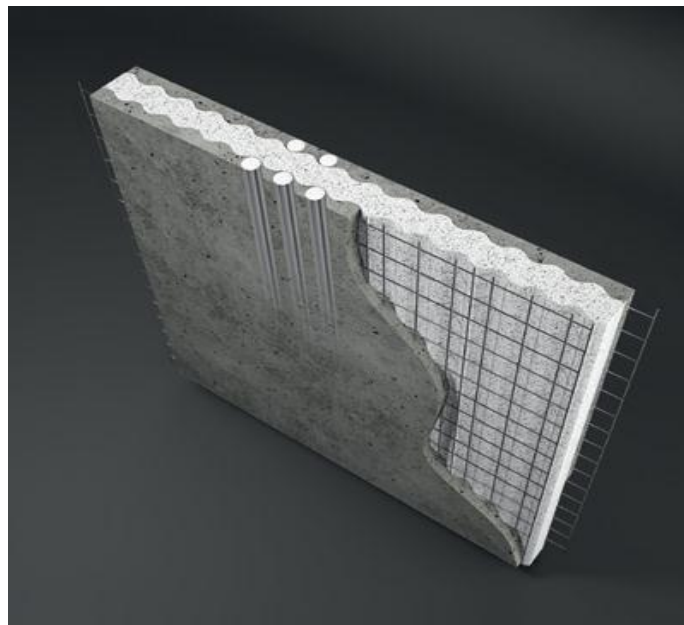


Figure 138: panneau simple

Caractéristiques

Les caractéristiques du composite sont son ininflammabilité, auto extinguibilité, ça qualité de transmission sonore de 38 dB (de 0 à 45 dB ambiance sonore calme).

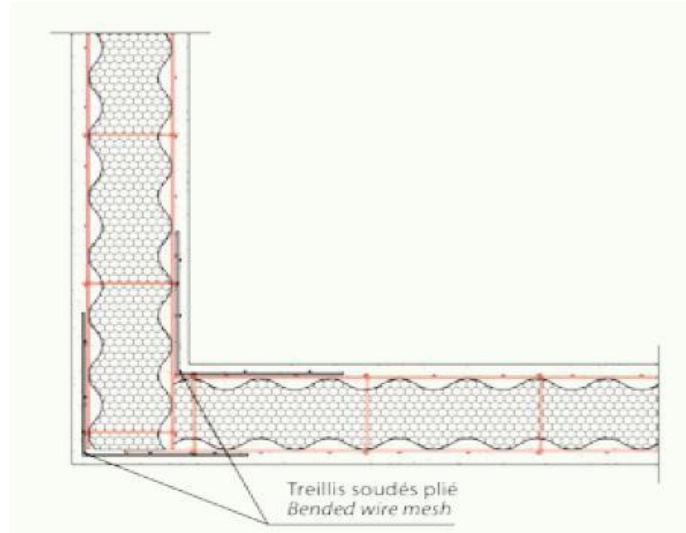


Figure 139: détail constructif d'un panneau simple

Murs extérieurs

Le panneau double

Description

Il est composé de deux panneaux de polystyrène expansé (E.P.S.), chacune comportant deux plaques de treillis soudés le tout assemblé par des connecteurs ce qui améliore les caractéristiques d'isolation.

Le béton sera coulé dans la cavité entre les deux panneaux. L'épaisseur du polystyrène et la largeur de la cavité peuvent être modifiées selon les performances nécessaires.

Utilisation

Ce panneau est utilisé pour les murs dans la construction des bâtiments à plusieurs étages, avec des exigences (structurelles ou d'isolation) définies. Il est assimilé à un voile en béton avec coffrage intégré.

Il se caractérise par sa résistance au feu et à sa très faible transmission thermique ($k=0.47$)

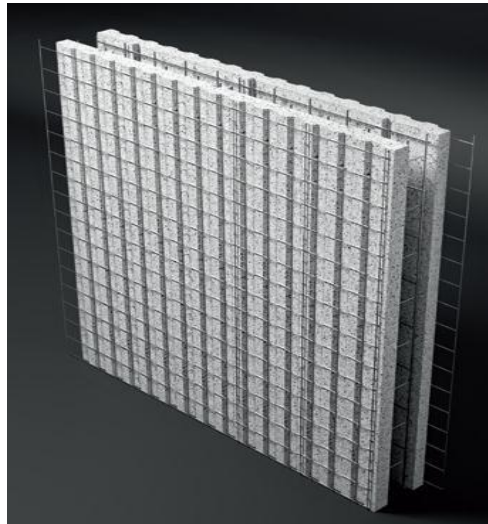


Figure 140: panneau double

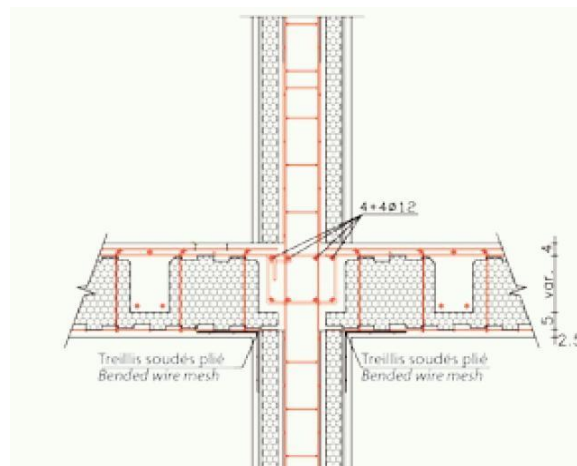


Figure 141: détails constructifs d'un panneau double

Le panneau de toit

Description

C'est un panneau de polystyrène expansé (E.P.S.), de forme particulière permettant l'incorporation des poutrelles, enfermées entre deux plaques de treillis soudé reliées entre elles par des connecteurs en acier.

Il possède les mêmes caractéristiques thermiques, acoustiques, et de sécurité que le panneau précède.

Utilisation

Ce panneau est utilisé pour la construction des planchers et des toits. L'épaisseur et la géométrie du panneau peuvent être modifiées en fonction de la portée et les exigences du projet

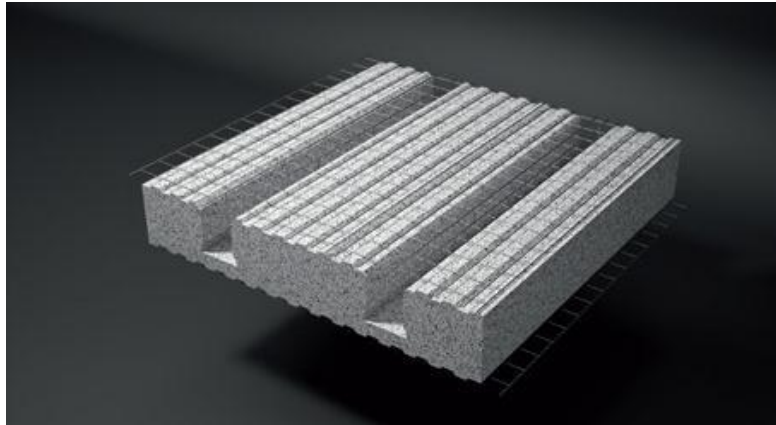


Figure 142: panneau du toit

VII.3.1 Plancher collaborant :

Concernant les espaces soutenus par une structure mixte, le plancher choisi est le plancher collaborant pour sa capacité à aller sur de longs portés, la légèreté de la structure ainsi que la rapidité de mise en œuvre.

VIII. Conclusion :

Cette étape vise à concevoir les fonctionnalités définies dans le programme tout en s'inscrivant dans l'identité de la ville de Biskra et en assurant le confort des usagers.

Pour se faire plusieurs dispositifs bioclimatiques ont été projetés (recommandations du diagramme de Givoni (Tableau 1: recommandations de conception bioclimatique.).

Diverses structures ont été mises en place afin de supporter les charges du projet tout en augmentant le confort.

IX. Conclusion générale

Tout projet architectural bioclimatique commence par une réflexion profonde quant aux différents axes autour desquels il s'articulera : le site d'intervention, la thématique, les besoins et exigences, les moyens à disposition...etc.

La réflexion de notre projet a été amorcée par une mise à jour de nos connaissances dans le domaine de la bioclimatique et du confort, cela permettant de bâtir un support théorique à la conception à venir, afin de garantir en amont le savoir nécessaires à l'optimisation, fonctionnel et environnemental du projet. Pour ce faire, il a été abordé l'historiques de la bioclimatique ainsi que ses différents principes et dispositifs. Additionné à cela une introduction aux notions de confort dans ses différents types.

En second lieu, et dans le but de matérialiser ces connaissances et de pouvoir répondre à la problématique posée, il a été établi un référentiel bibliographique qui consiste en l'analyse de projets modèles. Cette démarche aborde leurs données générales, puis analyse leurs plans, façades, implantations, et principalement leurs concepts bioclimatiques afin d'en comprendre les cas d'utilisation, le fonctionnement et la valeur ajoutée aux projets via ces dispositifs-là, synthétisant cela ainsi que les programmes spatiaux de ces projets analysés.

Au préalable, et dans l'optique de résoudre la problématique donnée, il a été posé des hypothèses potentiellement adéquates pour solutionner cette première. Elles consistent en la projection d'espaces permettant la communication du savoir-faire agricole ainsi que leur perfectionnement :

- Ecole de formation ;
- Laboratoires de recherches ;
- Centre de formation

Parallèlement à cela, des objectifs liés à cette problématique ont été tracés. Ils consistent en :

- La définition du projet comme un périmètre de connaissance et de savoir-faire agricoles maîtrisés et développés au sein du projet par le biais de la recherche scientifique.

- La transmission de ces connaissances à de futur agriculteur afin de les former et qualifier aux subtilités de leur métier.
- L'inscription de la ville globalement et du projet spécifiquement dans une démarche environnementale et bioclimatique, cela en tirant profit des potentialités physiques et climatiques de la région, tout en visant à minimiser l'impact, et luttant contre la vulnérabilité agricole et les changements environnementaux.

Afin d'atteindre nos objectifs, nous avons amorcé une démarche a plusieurs étapes :

- En premier lieu, œuvré à la préservation de l'identité locale afin de placer le projet au rang de référence architectural et bioclimatique dans la région.
- En second lieu, axé l'idéation du projet autour des repaires de la culture locale qui sont l'oasis et la maison traditionnelle qui représente également des symboles du confort en milieu aride.
- Par la suite il a été projeté 03 pôles : un pour la formation, un pour la recherche, et un pour la conférence, englobant ainsi tous les objectifs de développement, recherche, et partage de savoir.
- Pour finir, nous avons aménagé des espaces annexes (serres et plantations expérimentales, jardins et plantations pédagogiques, palmeraie) complétant les activités principales du projet, reproduisant ainsi une unité complète de support théorique et d'activité pratique.

L'originalité de ce travail réside avant tout dans son approche méthodologique et son contexte d'évolution. En premier lieu, elle se matérialise par une réflexion sur la thématique et les problématiques qui s'y rapportent, puis en définissant les axes à suivre afin de les résoudre. Cela a été étoffé en étudiant les dispositifs favorables à l'émergence du projet et leurs fonctionnements, par une étude bioclimatique et une analyse pratique d'exemples avant de finir par la mise en pratique de ces données recueillies. Dans un second lieu, on rapporte ce support théorique à une adaptation au besoin et a l'ambition de développement agricole de la ville de Biskra. Pour cela l'idéation est dirigée vers une réappropriation des repères Biskris et leur modelage en un projet promettant fonctionnalité et environnement propice au travail. La forme et les concepts qui y sont appliqués tel que la compacité et l'introversio garantisse une optimisation du confort quant au rayonnement solaire intense et au stress thermique de la région.

- Limites et perspectives

La démarche conceptuelle est en permanente évolution, car un projet n'est jamais vraiment « fini ».

Néanmoins au terme de notre travail de mémoire, tous les efforts ont été déployés afin d'atteindre le plus grand nombre des objectifs fixés au préalable.

Il reste à noter qu'une analyse énergétique du projet dans son contexte pourrait améliorer l'efficacité environnementale de celui-ci, en diminuer la consommation énergétique et augmenter sa durabilité.

- Les aspects méthodologiques

La décomposition du travail en deux parties, l'une consacrée au corpus théorique, l'autre à la partie pratique a permis de montrer que la conception architecturale ne peut pas s'entrevoir de manière générale, mais en le mettant en relation avec les caractéristiques intrinsèques du site étudié. Plusieurs paramètres entre en jeu (données climatiques, topographie, orientation, habitudes sociales, histoire, patrimoine et savoir-faire architecture la ville...) et il est nécessaire de tous les prendre en considération lors de la conception car tous ont un impact plus ou moins conséquent sur l'aboutissement du projet et sur la réussite de son approche bioclimatique. De l'optimisation des conditions d'usage, et de la minimisation de la consommation énergétique du projet et de son impact environnemental.

Bibliographie

- Bergeron, A., & Naud, C. (2011). *L'humidité relative et la température*. Consulté le Avril 06, 2019, sur www.ccq.gouv.qc.ca: <https://www.ccq.gouv.qc.ca/index.php?id=171>
- The American Institute of Architects. (2016). *Jacobs Institute for Design Innovation*. Consulté le juin 09, 2019, sur <http://www.aiatopen.org/node/482?fbclid=IwAR3SyHKY-MM6x8ayMcMxGFjE3i3S7Wo9ZB5Ub-6wPqr85baaLcFG4JuHpLs>
- AAAB. (2018). *Université Mohammed VI Polytechnique de Laâyoune*. Consulté le juin 09, 2019, sur www.bechuetassocies.com/uploads/projets/pdf/universite-mohammed-vi-polytechnique-de-laayoune_9f22a.pdf
- Abdou Oubaida, S. (2016). *traitement de microclimat interieur de batiments industriels (abri MSAN telecom Tébessa)*. memoire de fin de cycle master, Université Larbi Tebessi, architecture, Tébessa. Consulté le avril 29, 2019, sur <http://www.univ-tebessa.dz/fichiers/masters/st160043.pdf>
- ADEME, & PCET. (2017). *solutions de rafraichissement urbain*. Consulté le mai 02, 2019, sur https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/annexs3_fascicule.pdf
- Ahmed Ali, S. (2012). *performances thermiques du materiau terre pour un habitat durable des regions arides et semi-arides: cas de Timimoune*. memoire de magister, Université Mouloud MAMMERI, architecture, Tizi Ouzou. Consulté le avril 15, 2019, sur <https://dl.ummtto.dz/bitstream/handle/ummtto/844/PG019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amzal, S., Ben Tourad, F., Cherief, D., & Ouamrane, S. (2014). *complexe de recherche en agro écologie "verdir le desert"*. memoire magister, Université Mouloud MAMMERI, architecture, Tizi Ouzou. Consulté le avril 03, 2019
- ANDI. (2013). *rapport de l'agence nationale du developpement et de l'inverstissement*. agence nationale du developpement et de l'inverstissement, Biskra. Consulté le avril 03, 2019, sur <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Biskra.pdf>
- Ben Belkacem, N., & Iflis, C. (2017). *musée de l'industrie aux Annassers*. architecture. Tizi Ouzou: Université Mouloud MAMMERI. Consulté le mai 02, 2019
- Benchikh, H. (2007). *etude et realisation d'un systeme de refroidissement passif en utilisant une toiture radio-éaporative dans les climats chauds et arides*. thèse de doctorat, université Mentouri , architecture, Constantine. Consulté le mai 03, 2019, sur <https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BEN4865.pdf>
- Benhalilou, K. (2008). *impact de la vegetation grimpante sur le confort hygrothermique estival du batiment: cas de climat semi-aride*. memoire de magister, Université Mentouri, architecture, Constantine. Consulté le avril 03, 2019, sur <https://bu.umc.edu.dz/theses/architecture/BEN5278.pdf>

- Bennadji, A. (1999). *adaptation climatique ou culturelle en zones arides: cas du Sud-Est algerien*. Thèse de doctorat, Université Aix Marseille 1, Marseille. Consulté le mai 05, 2019, sur <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01063273/file/T-1516-ebook.pdf>
- Bensalem, S. (2013, Avril 25). *la conception bioclimatique des bâtiments*. (CDER, Éditeur) Consulté le mai 05, 2019, sur portail.cder.dz: <https://portail.cder.dz/spip.php?article3212>
- Bouveron, N. (2012). *tag archives: architecture bioclimatique*. Consulté le avril 28, 2019, sur [bouveron architecte: www.bouveron-architecte.com/tag/architecture-bioclimatique/](http://www.bouveron-architecte.com/tag/architecture-bioclimatique/)
- creative construction conference. (2015). *roofs of the future: rooftop greenhouses to improve buildings metabolism*. Consulté le juin 09, 2019, sur <https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-architectes-dataae>
- Daouadji, Y. (2017). *évaluation d'un système de rafraîchissement passif dans les zones chaudes et arides par l'application d'un couplage puits canadiens et cheminée solaire*. memoire de magister, Université Mohammed Khider, Architecture, Biskra. Consulté le mai 05, 2019, sur http://thesis.univ-biskra.dz/3049/1/Architecture_m32_2017.pdf
- Derbigum. (2018, septembre 13). *toitures réfléchissantes*. Consulté le juin 23, 2019, sur <https://www.derbigum.fr/etancheite/toitures-reflechissantes/#diagrams>
- DIDA, M. (2016). *Contribution à l'étude de l'effet d'isolation thermique sur*. Master Academique, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, Génie Energétique, Ouargla. Consulté le mai 27, 2019, sur <https://bu.univ-ouargla.dz/master/pdf/DIDA-Mustapha.pdf?idmemoire=54458>
- E-RT2012. (2012). *les principes de base d'une conception bioclimatique*. Consulté le avril 29, 2019, sur <https://www.e-rt2012.fr/explication-architecture-bioclimatique/>
- fidesio, a. w. (2019). *larousse*. Consulté le juin 20, 2019, sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/oasis/55333>
- Gaouas, O. (2010). *approches multicritères en conception bioclimatique et optimisation par le biais d'un langage architecturale*. memoire de magister, Université Mohamed Khider, architecture, Biskra. Consulté le avril 15, 2019, sur http://thesis.univ-biskra.dz/200/1/Archi_m8_2014.pdf
- Gratté, L. (1985). *Survivance de l'art pariétal: au carrefour de l'histoire et de la préhistoire*. (Cagnac, Éd.) france: broché. Consulté le mai 21, 2019, sur <http://www.lauragais-patrimoine.fr/BIBLIOTHEQUE/SURVIVANCE-L.GRATTE/110-TROGLODYTES.pdf>
- Iles, N. (2019, avril 14). *Biskra, la reine des zibans*. Consulté le mars 31, 2019, sur www.culturealgerie.com: <https://www.culturealgerie.com/biskra-la-reine-des-zibans/>

- Jacobs Institute for Design Innovation / LMS Architects.* (2016, decembre 1). Consulté le juin 09, 2019, sur archdaily: <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects>
- Labreche, S. (2015). *forme architecturale et confort hygrothermique dans les batiments educatifs: Cas des infrastructures d'enseignement superieur en regions arides.* memoire magister, Université Mohammed Khider, architecture, Biskra. Consulté le mai 02, 2019, sur <http://thesis.univ-biskra.dz/1761/1/62765.pdf>
- l'architecture bioclimatique.* (2010). Consulté le mai 21, 2019, sur le guide des energies renouvelables: <http://www.energiesrenouvelable.fr/architecture.php>
- Le puits canadien en géothermie.* (2019, janvier 04). Consulté le mai 26, 2019, sur ECO infos energies renouvelables: <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/geothermie/puits-canadien-en-geothermie-ou-puits-provencal/>
- Les toitures végétalisées - Le principe du système.* (2014). Consulté le mai 26, 2019, sur caue60: <http://www.caue60.com/vous-construisez/energies-renouvelables/sisoler-conserver-la-chaleur/les-toitures-vegetalisees/>
- Liebard, A., & De Herde, A. (2005). *traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. concevoir, edifier et aménager.* paris: le moniteur. Consulté le avril 28, 2019
- l'igloo.* (2011). Consulté le mai 05, 2019, sur Sept Merveilles du Monde.com: <http://septmerveillesdumonde.com/ligloo/>
- Maalouf, C. (2007). *etude du potentiel de rafraichissement d'un systeme evaporatif a desorption avec generation solaire.* thèse de doctorat, Université de La Rochelle, La rochelle. Consulté le avril 29, 2019, sur <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00134779/document>
- Mazari, M. (2012). *etude et evaluation du confort thermique des batiments a caractere public: cas du departement d'architecture de Tamda.* memoire de magister, Université Moulod MAMMERI, architecture, Tizi Ouzou. Consulté le avril 30, 2019, sur <https://dl.ummtto.dz/bitstream/handle/ummtto/834/PG028.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Medjlekh , D. (2006). *impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la cosommation energetique du matiment.* memoire de magister, UNIVERSITE MENTOURI , architecture bioclimatique, CONSTANTINE. Consulté le mai 05, 2019, sur https://www.cder.dz/download/Art11-3_1.pdf
- Meguenni, T. (2013). *contribution à l'etude hydrogeologique de la nappe du mio-plio-quadernaire de la region sud dela ville de Biskra.* L'UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID, géo rsource, Tlemcen. Consulté le decembre 15, 2018, sur <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/6453/1/Abdelkader-MEGUENNI-TANI.pdf>

- meteo blue. (2018). *Comparez la saison en cours avec le temps pour 34.83°N 5.72°E*. Consulté le decembre 15, 2018, sur www.meteoblue.com: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/currentonclimate/34.83N5.723E106_Africa%2FAlgiers?fbclid=IwAR2RbExRed2Yuddyza0bqJeMAIyVoSH7cIDcZfg1MD8r90BHof1CmjlkOUk
- Monshizade, A. (2012). *approche sensible des differents dispositifs de l'eau dans les jardins*. Montreal. Consulté le mai 03, 2019, sur <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00745876/document>
- Nacer, M., & Tiar, K. (2012). *Impact de la salinité due au traitement de sel sur l'environnement. Cas d'ENASEL El- Outaya wilaya de biskra*. Mémoire de Fin d'Etudes d'ingeniorat, Université Mohamed Khider, écologie et environnement, Biskra. Consulté le Avril 03, 2019, sur <https://www.memoireonline.com/01/14/8616/Impact-de-la-salinite-due-au-traitement-de-sel-sur-l-environnement-Cas-d-ENASEL-El-Outaya-wilaya.html>
- nadal, a., Llorach-Massana, p., Cuerva, e., lopez-capel, e., josa, a., & royapoor, m. (2017). *Building-integrated rooftop greenhouses: An energy and environmental assessment in the mediterranean context*. Consulté le juin 09, 2019, sur <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916316361?via%3Dihub>
- PEYROT, D., & ISTIN, V. (2015). *apprendre pour agir...agir pour la planète*. (MSGDDCC, Éditeur) Consulté le mai 22, 2019, sur encyclopediecc.files.wordpress.com: <https://encyclopediecc.files.wordpress.com/2010/07/2-fiche-technique-eco-construction-peyrot-istin.pdfmsgddcc>
- Pupille, J.-M. (2012, 01 30). *une approche globale du confort*. Consulté le mai 02, 2019, sur passivact.fr: <https://passivact.fr/Concepts-ApprocheGlobale.html>
- Rebeyrol, F. (2008). *les parametres du confort dans l'habitat*. Consulté le mai 02, 2019, sur http://ekladata.com/iZ_x-tUUJr0fozjOagXtXFHg044.pdf
- Research Center ICTA-ICP · UAB / H Arquitectes + DATAAE. (2015, juin 04). Consulté le juin 09, 2019, sur [archdaily](http://archdaily.com): <https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>
- Sadough, H. (2007, novembre). Les Bâdgirs. *La Revue de TEHERAN*(24). Consulté le mai 22, 2019, sur <http://www.teheran.ir/spip.php?article112#gsc.tab=0>
- Samaher, W. (2013). *Les économies d'énergie provoquées par la crise pétrolière de 1974 dans les bâtiments publics franciliens*. Conservatoire national des arts et metiers. Consulté le mai 23, 2019, sur HAL, archives ouvertes: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01078929/document>
- Sanyé-Mengual, E., Solà, J., & Rieradevall, J. (2015, mars). An environmental and economic life cycle assessment of rooftop greenhouse (RTG) implementation in Barcelona, Spain. Assessing new forms of urban agriculture from the greenhouse

structure to the final product level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. Consulté le juin 09, 2019, sur https://www.researchgate.net/publication/271710822_An_environmental_and_economic_life_cycle_assessment_of_rooftop_greenhouse_RTG_implementation_in_Barcelona_Spain_Assessing_new_forms_of_urban_agriculture_from_the_greenhouse_structure_to_the_final_prod

Simon, R. (2013). *Bâtiment Les dossiers - Le mur trombe*. Consulté le mai 26, 2019, sur l'énergie dans tous ses états.: <http://www.energieplanete.fr/conception-bioclimatique-mur-trombe.html>

Victor, H. (1870). Consulté le mai 27, 2019, sur https://dicocitations.lemonde.fr/citation_auteur_ajout/48314.php

Liste des figures

Figure 1: structure de mémoire.....	4
Figure 2: schéma de l'approche bioclimatique dans la conception architecturale.....	6
Figure 3: principes de conception bioclimatique.....	7
Figure 4: stratégie à adopter en période estivale.	8

Figure 5: stratégie adopter en période hivernale.....	8
Figure 6: stratégie de l'éclairage naturel.	9
Figure 7: Les maisons troglodytes d'Andalousie	10
Figure 8: habitat troglodyte, site Ghofi, Algérie.....	10
Figure 9: habitat type igloo.....	11
Figure 10: tour à vent époque perse, Iran.	12
Figure 11: La maison à colombage.....	12
Figure 12: cité le grand bleu. Architecte Georges Maillol, Rennes, France, 1958.....	14
Figure 13: maison sur la cascade. Architecte : Franck Lloyd Wright	15
Figure 14: implantation à éviter et implantation à rechercher dans la conception d'un projet architectural	16
Figure 15: Analyse énergétique des formes de base de la construction	17
Figure 16: orientation et course du soleil pour un confort optimal.	17
Figure 17: ombrage naturel.....	19
Figure 18 : ventilation naturelle.....	19
Figure 20: Principes de fonctionnement de la serre en été et en hiver.	20
Figure 21: La protection du froid par les espaces tampons.	21
Figure 22: fonctionnement de puits canadien en hiver/été	22
Figure 23: Mur trombe	22
Figure 24: les éléments d'une FDP.....	23
Figure 25: la façade double peau vue de l'extérieur.....	23
Figure 26: Les composants d'un toit vert	24
Figure 27: Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE.....	30
Figure 28: bassin de rafraichissement urbain.	32
Figure 29: Fontaine, Water Fountain / Seattle Center / USA	33
Figure 30: brumisateur, Quais de Seine, Paris Plage.....	33
Figure 31: humidification de chaussée, Rue de la Buire, Lyon (Projet Véolia)	34
Figure 32: Système de toit évaporatif.....	35
Figure 33: fonctionnement du système évaporatif à atomisation	35
Figure 34: fonctionnement du système à vaporisation par évaporation	36
Figure 35: fonctionnement d'un humidificateur à vaporisation par ébullition.....	36
Figure 36: rafraichissement par évaporation direct	37
Figure 37: rafraichissement par évaporation indirect	37
Figure 38: le bâtiment ICTA-ICP	40
Figure 39: H ARCHITECTES.	40
Figure 40: Situation du projet.	41
Figure 41: Plan masse.....	42
Figure 42: Plan du RDC.	42
Figure 43: Plan de l'étage courant.....	43
Figure 44: Plan du dernier étage et les serres expérimentales.	43
Figure 45: Coupe du projet.	44
Figure 46: Structure du projet.....	45
Figure 47: Façade Est.	45
Figure 48: stratégies du chaud et du froid.	46
Figure 49: Ventilation naturelle.....	47
Figure 50: Régime du déplacement d'air.	47

Figure 51 Ambiances intérieures : Patio.....	58
Figure 52: Ambiances intérieurs : espace de travail.....	58
Figure 53:l'institut Jacobs.	60
Figure 54: Situation du projet.....	61
Figure 55: plan de masse du projet.....	61
Figure 56: plan du RDC.....	62
Figure 57: Plan du 1er étage.....	63
Figure 58: Plan du 2ème étage.....	63
Figure 59: Plan du 3ème étage.....	64
Figure 60: Façade nord.....	64
Figure 61: Façade sud.....	65
Figure 62: Façade Est.....	65
Figure 63: l'efficacité énergétique dans le bâtiment.....	66
Figure 64 : accessibilité.....	67
Figure 65: Orientation.....	67
Figure 66: Volume du projet.....	68
Figure 67: Ventilation naturelle et protection solaire.....	68
Figure 68: Gestion des eaux pluviales.....	69
Figure 69: les panneaux photovoltaïques sur la façade Sud.....	70
Figure 70: Ambiances intérieurs.....	70
Figure 71: la technopole de Laâyoune.....	72
Figure 72: idéation du projet.....	73
Figure 73: fissure dans le désert.....	74
Figure 74: Charpente métallique.....	74
Figure 75: La rue intérieur.....	74
Figure 76: coupes schématiques.....	75
Figure 77: Flux et circulation.....	75
Figure 78: programme et occupation de l'espace.....	76
Figure 79 : Occupation romaine en Algérie (route vers Biskra).....	79
Figure 80 : Occupation arabo musulmane dans la ville de Biskra.....	80
Figure 81: époque 01 de l'occupation turque dans la ville de Biskra.....	81
Figure 82: époque 02 de l'occupation turque dans la ville de Biskra.....	82
Figure 83: époque 01 de l'occupation coloniale française dans la ville de Biskra.....	83
Figure 84: époque 02 de l'occupation coloniale française dans la ville de Biskra.....	84
Figure 85: époque 03 de l'occupation française dans la ville de Biskra.....	85
Figure 86: époque 01 de l'occupation poste coloniale dans la ville de Biskra.....	86
Figure 87: époque 02 de l'occupation poste coloniale dans la ville de Biskra.....	87
Figure 88: position de la ville de Biskra en Algérie.....	88
Figure 89: position de la ville de Biskra dans la wilaya de Biskra.....	88
Figure 90: position de la zone d'intervention dans la ville de Biskra.....	89
Figure 91: accessibilité de la zone d'intervention (hiérarchie des voies).....	89
Figure 92: photos de la zone urbanisée.....	90
Figure 93: zoning de l'urbanisation de la zone d'intervention.....	90
Figure 94: photos terrain vierges.....	90
Figure 95: photos de la palmeraie.....	90
Figure 96: données climatiques : moyennes des températures (1988 - 2018).....	92

Figure 97: données climatiques : moyennes des précipitations (1988 - 2018).....	93
Figure 98: données climatiques : directions et forces des vents.....	94
Figure 99: diagramme solaire de la ville de Biskra	95
Figure 100: données climatiques : humidité relative.....	96
Figure 101: diagramme de Givoni de la ville de Biskra.....	97
Figure 102: réseau hydrographique de Biskra	100
Figure 103: culture de palmiers dattiers.	101
Figure 104: culture maraichère.....	101
Figure 105 : Oasis, ville de Biskra	104
Figure 106: paysages rocheux de Biskra	104
Figure 107: palmeraie à Biskra.....	105
Figure 108: habitat traditionnel, Biskra.....	105
Figure 109: patio dans l'habitat traditionnel	105
Figure 110: zoning et accessibilité sur le plan de masse	118
Figure 111: matérialisation des espaces extérieurs.....	119
Figure 112: espaces RDC	121
Figure 113: plan 1er étage	123
Figure 114: stylisation du palmier	124
Figure 115: répétition du module selon la palmeraie	124
Figure 116: modélisation de la façade.....	125
Figure 117: façade intérieure	125
Figure 118: entrée principale du projet.....	126
Figure 119: impact d'enseillement et vents sur le projet.....	127
Figure 120: compacité et inclinaison du projet.	128
Figure 121: façade double peau.....	129
Figure 122: composants d'une toiture réfléchissante.....	130
Figure 123: mise en œuvre de toiture réfléchissante	130
Figure 124: système de calcul de brise soleil horizontaux	131
Figure 125: schéma de principe de ventilation par système de patios.....	131
Figure 126: fonctionnement du système de ventilation naturelle dans le projet.	132
Figure 127: espaces verts et points d'eau du projet.	134
Figure 128: points d'eau.....	134
Figure 129: espaces verts.....	134
Figure 130: panneaux photovoltaïques.....	135
Figure 131: système de récupération des eaux pluviales.....	136
Figure 132: composteur	136
Figure 133: schéma de fondations isolées.	137
Figure 134: positionnement des joints de dilatation et de rupture.....	139
Figure 135: différence entre joints de rupture et joint de dilatation.	139
Figure 136: détails constructifs.....	140
Figure 137: détails constructif : murs	141
Figure 138: panneau simple.....	141
Figure 139: détail constructif d'un panneau simple	142
Figure 140: panneau double	143
Figure 141: détails constructifs d'un panneau double.....	143
Figure 142: panneau du toit	144

Liste des tableaux

Tableau 1: recommandations de conception bioclimatique.	98
Tableau 2: programme quantitatif et qualitatif	106