

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou

Faculté du Génie de la Construction

Département d'Architecture



Mémoire de master en vue de l'obtention du diplôme
d'architecte

Option : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT

Atelier : Architecture et Efficacité Energétique

Complexe muséal océanographique pour la mise en valeur de la biodiversité à Béjaïa



Réalisé par :

CHERIEF Yacine

DERROUCHE Boussaad

Encadré par :

Mr DEHMOUS M'hand

2018/2019

Remercîments

Avant toutes choses, louanges à ALLAH, seul maitre de notre destinée, pour nous avoir donné la force et le courage de mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères reconnaissances à notre encadreur Monsieur DEHMOUS M'hand, pour sa disponibilité, la qualité de son encadrement et son engagement. Mais surtout, nous tenons à le remercier pour ses valeurs humaines, qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nos remerciements vont également à l'ensemble des membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté pour notre travail, en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à l'ensemble du corps professoral et administratif du département d'architecture de Tizi-Ouzou, particulièrement : Mme SOUCI, Mme ZERMOUT, Mr SAFIR, Monsieur FERNANE et Mr CHABI. Il est aussi de notre devoir de remercier le personnel de la bibliothèque pour leur compréhension et leur disponibilité.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit de :

Monsieur AIT MEDDOUR, architecte de l'EPB, pour nous avoir accueillis et mis à notre disposition toute la documentation dont nous avons eu besoin.

Monsieur FERHAT de la station météorologique de Bejaia, pour sa disponibilité.

A toutes les personnes qui nous ont assistées et encouragées de près ou de loin.

Dédicaces

A ma chère mère ;

Quoique je fasse, quoique je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Tes prières me couvrent, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour surmonter les difficultés. Que tu puisses trouver, ici, le témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon grand amour.

A mon père ;

Toi qui, en un matin ordinaire, conduisit mes pas vers cette petite école de compagne. Puisse ce travail refléter l'amour de ton fils, aujourd'hui fier des valeurs que tu lui as inculquées. Que Dieu te donne une longue vie et t'accorde son paradis.

A ma grand-mère ;

Tes prières ne cesseront jamais de fredonner dans ma tête et de m'alimenter en force et courage. Que ce modeste travail en soit un premier exhaussement.

A mes adorables sœurs NINOUS et TITI ;

En vous j'ai trouvé l'exemple, en vous j'ai trouvé le courage et en vous j'ai trouvé l'affection qui me fait avancer. Je vous dédie ce modeste travail et vous souhaite toute le bonheur du monde.

A mes chers frères HOCINE & GAYA ;

Pour avoir partagé avec moi le meilleur et le pire, pour m'avoir donné le courage de persévérer malgré les difficultés je ne peux que vous dédier ce modeste travail.

A Feriel ;

Ma plume sèche devant la lourde tâche de te remercier. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, ma considération et ma reconnaissance pour tout ce que tu as fait pour moi. Tu as toujours cru en moi et tu m'a toujours poussé à faire mieux, je te dis simplement merci pour ton grand cœur.

Boussaad. D

Dédicaces

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir accordé la force et le courage durant toutes ces années et particulièrement cette dernière année afin de mener à bien ce travail et d'arriver au terme de mon cursus universitaire au sein du département d'architecture.

A ma très chère mère , devant laquelle autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient monter le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi, tu n'as cessé de me soutenir tout au long de mon parcours.

A mon très cher père, tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité , l'optimisme et de la confiance en soi face aux reconnaissances, tes encouragements sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter.

A ma grand-mère que Dieu te protège pour nous.

A mes chers frères et sœurs Oussama, Meriem , Zineb, Sara, Khadidja , pour leur amour inconditionnel et leur dévouement à toute épreuve, Dieu vous protège

A mes amis Moumen, Hocine, Gaya ,Idir, Nassim, Nadir, Anis, Hania, Sarah, Ania, merci pour votre soutien et votre présence à côté de nous durant les moments les plus difficiles

A Celina merci pour ton soutien et tes encouragements durant les moments les plus difficiles, tu étais à mes côtés et tu as pu me donner la force d'affronter tous les obstacles rencontrés tout au long de mon parcours scolaire.

A mon binôme Boussaad que je tiens à remercier vivement pour sa persévérance et les efforts incroyables qu'il a fournis et surtout sa patience.

Yacine.C

Sommaire

I. Analyse du contexte et étude d'impact environnementale

I.1. Etude du contexte d'intervention

I.1.1. Etude du contexte global d'intervention

I.1.2. Etude du contexte intermédiaire d'intervention

I.1.3. Etude du contexte réduit d'intervention

I.2. Etude d'impact environnementale

II. Analyse thématique

II.1. Corpus théorique

II.2. Recherche thématique

II.3. Analyse d'exemples référentiels

II.4. Exigences spécifiques d'un complexe muséal océanographique

II.5. Programme prévisionnel

III. Synthétisation des données et création du projet

III.1. Architecture du projet

III.2. Approche bioclimatique

Références bibliographiques

Table des matières

Annexes

Résumé

En ce début du XXI^{ème} siècle, l'idée d'une dégradation de l'environnement est devenue largement majoritaire. Plus qu'une idée, les faits démontrent que l'évolution de l'environnement est représentative d'une dégradation des milieux naturels, imputable à l'activité humaine. Cette prise de conscience a conduit à une évolution des modes de pensée mais aussi des systèmes de valeur qui régissent le fonctionnement actuel de nos sociétés.

Ce présent travail s'insère justement dans cet élan d'efforts multidimensionnels visant à inverser la tendance de dégradation de l'environnement. Il s'agit plus précisément de la proposition d'un complexe muséal océanographique dans la ville de Bejaia. Cette dernière, de part ses innombrables potentialité ecosystemiques, biologiques et paysagères, nécessite un projet d'envergure dont la mission serait la sensibilisation et l'éducation de la population quant aux risques qui pèsent sur la nature.

Le premier défi de notre approche fut d'abord de s'inscrire dans une démarche curative capable de rétablir la relation perdue entre la ville de Béjaïa et la mer. A plus grande échelle, cette démarche permettra de rehausser l'attractivité touristique de la ville.

Le second défi résidait dans la proposition d'une alternative aux équipements consommateurs d'énergie dont le but est de réduire les dépenses énergétique du bâtiment. Notre projet se veut donc une structure de loisir, de sensibilisation et de formation permettant de porter haut la lutte pour la protection de la biodiversité et des ressources naturelles, tout en assurant une consommation d'énergies propres.

Mots clés : complexe muséal océanographique, port, Béjaïa, environnement, efficacité énergétique.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

*« L'architecture ne peut pas sauver le monde mais elle peut
donner le bon exemple »*

ALVAR ALTO

Introduction

En ce début du 21ème siècle, le contexte énergétique rappelle sous certains aspects celui des années 1980, au cours desquelles la problématique de l'énergie, s'est révélée comme une préoccupation planétaire de premier plan. Cette crise énergétique allait devenir un point tournant dans la manière de penser et de théoriser le développement. En effet, Les critiques envers ce modèle de développement consumériste et provoquant des dommages écologiques et environnementaux, ont nourrit l'apparition d'une nouvelle idéologie pour concevoir le développement que l'on qualifie aujourd'hui de durable, soutenable ou viable. Cette prise de conscience d'associer l'environnement et le développement a commencé à apparaître à travers des textes tels que la Stratégie mondiale de conservation de la nature (1980), le rapport Brundtland « notre avenir à tous » (1987), ou encore la déclaration de Rio (1992). Depuis, l'apport du développement durable, un concept avec ses différentes dimensions, économiques, sociales et environnementales, mais aussi culturelles, est une nouvelle vision du développement respectueux de l'environnement, de l'exploitation rationnelle des ressources naturelles, et qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre à leurs propres besoins.

A l'instar des pays du monde, l'Algérie a connu le même processus. En effet, la politique adoptée après l'indépendance visait à rehausser les conditions de vie de la population sans se soucier d'intégrer le facteur environnemental dans sa démarche. Ce modèle de développement basé essentiellement sur une richesse naturelle limitée et écologiquement très polluante a été à l'origine d'une crise écologique des 1980 qui a eu des conséquences drastiques sur l'équilibre de la nature. La ville de Bejaïa, qui sera le support de notre objet d'étude, en est un exemple probant. Elle renferme une diversité taxonomique, écosystémique et paysagère importante qui s'explique par l'étendue de son aire biogéographique, où on y rencontre des zones côtières, humides, montagneuse et forestières. Cependant, des menaces et des dégradations pèsent sur cette richesse biologique à cause de la pollution, de l'urbanisation, et de la surexploitation des ressources biologiques. C'est la raison pour laquelle le gouvernement a intégré les objectifs de la CDB* des sommets de Rio et de Nagoya qui sont à l'origine de sa politique globale afin de réduire les menaces à la biodiversité. *L'Algérie a décidé de se doter d'une stratégie renouvelée et d'un plan d'action à la hauteur des menaces...et de lancer un grand chantier de redéfinition des objectifs nationaux et des*

*Convention sur la Diversité Biologique

*actions à mettre en œuvre pour stopper et inverser la tendance de dégradation des écosystèmes naturels.*¹ Cette stratégie a été élaborée pour aider à orienter les actions de développement économique, social, environnemental et culturel de l'Algérie. Les actions déployées concernent principalement la lutte contre la perte des habitats naturels, la dépollution du milieu marin, la protection et la valorisation du littoral, et la protection des ressources biologiques. Cependant, cette stratégie ne peut aboutir sans la mise en œuvre d'une politique incontournable d'éducation et de formation de la population pour permettre son intégration au processus de développement durable. Cette politique et la conséquence logique d'un constat : la lourde ignorance de la société quant aux enjeux environnementaux actuels.

C'est pour répondre à cette demande qu'apparaît depuis quelques années à travers le monde un nouveau type d'équipements de loisir à but éducatif qui aspire à rapprocher l'Homme de la nature à travers des programmes de formation et de sensibilisation. Si, dans l'ensemble, ces structures ont un même objet et une même finalité, les activités qu'elles offrent et les formes dans lesquelles elle s'exerce restent diverses et variées. Les centres océanographiques en sont une déclinaison. Équipements à caractère culturel et scientifique, ce sont des plateformes qui associent science et loisir où la recherche scientifique met ses dernières avancées à la portée du public. Ils ont pour mission la communication, l'information, la distraction, et la sensibilisation du public au milieu marin. Or, on constate que la ville de Bejaia à l'image de toute l'Algérie est inopportunément pauvre de ces infrastructures. Ville côtière classée hot spot de la biodiversité, la projection d'un centre océanographique pourrait faire la promotion de ses richesses naturelles, sensibiliser quant aux risques qui les menacent et inciter les populations à des comportements plus responsables afin d'en garantir la pérennité.

En dépit de leur rôle capital, la fréquentation de ces équipements ne correspond pas à un besoin impératif. Parmi les facteurs d'incitation ou de répulsion, certains éléments peuvent jouer un rôle non négligeable, notamment le site d'implantation. Ainsi, pour ce genre de fondations qui réclame du calme et un certain rapport à la nature, la localisation privilégiée est en périphérie des agglomérations. Cependant, à Bejaïa, l'activité industrialo-portuaire a envahie la frange littorale induisant la désaffectation des lieux par la population et une rupture entre la ville et la mer. Aujourd'hui, seule une requalification du tissu portuaire de Bejaïa

¹Fatma Zohra Zerouati, Ministre de l'Environnement et des énergies renouvelables

serait à même de rétablir ce rapport ville/port, pourquoi pas par la projection d'un complexe océanographique ?

Enfin, concevoir un équipement qui fasse la promotion du développement durable et de la protection de l'environnement est une mission particulièrement délicate. Effectivement, d'après le CDER*, le secteur du bâtiment arrive en première place des secteurs consommateurs d'énergie avec 41% de la consommation nationale globale contribuant ainsi jusqu'à 30 % des émissions annuelles des gaz à effet de serre.² Cela implique, en contrepartie, que ce secteur présente un fort potentiel d'amélioration à la fois sur les plans énergétiques et environnementaux. L'architecture bioclimatique répond en partie à cette problématique par l'intégration de concepts passifs permettant de proposer des bâtiments confortables et économes énergétiquement en utilisant au maximum les ressources disponibles à proximité (ressources matérielles, main-d'œuvre, valeurs culturelles également).

C'est donc dans ce contexte mondial d'enjeux environnementaux que nous avons initié notre projet qui s'intitule « complexe muséal océanographique à Bejaïa, pour la mise en valeur de la biodiversité méditerranéenne ». Nous nous sommes fixés pour objectif de concevoir un projet d'envergure dont l'écho international fera la promotion de la ville de Bejaia comme pôle médiateur de la protection de la biodiversité méditerranéenne. Une influence importante qu'une étude d'impact serait à même d'en mesurer plus justement les portées.

Afin d'apporter des réponses aux problématiques préalablement posées et dans le but d'atteindre les objectifs fixés, nous avons structuré notre mémoire en trois chapitres dans lesquels nous avons adopté une méthodologie conséquente.

Dans un premier chapitre intitulé « analyse du contexte et étude d'impact environnementale », nous avons, dans un premier lieu, jugé nécessaire de retracer les étapes clés de l'histoire de la ville de Bejaia afin de comprendre son évolution. Nous nous attarderons également sur une analyse urbaine de la ville d'intervention dans le but de diagnostiquer les atouts et les opportunités que nous devons exploiter ainsi que les faiblesses et les menaces auxquelles nous devons remédier. Cette partie du travail nous donnera les éléments nécessaires pour une intégration optimale de notre projet à son contexte. Pour cela, nous avons adopté différentes approches :

*Centre de Développement des Energies Renouvelables

²<https://portail.cder.dz>

- L'investigation in-situ
- La consultation d'archives (cartes, écrits...)
- La méthode SWOT (AFOM*)

Dans un second lieu, nous effectuerons une étude des impacts réciproques entre notre projet et son environnement. Celle-ci nous permettra d'anticiper les mesures à entreprendre afin de minimiser les impacts négatifs et de renforcer les impacts positifs.

Nous ouvririons le deuxième chapitre dont le titre « recherche thématique » par un état de l'art qui nous fournira l'assise théorique nécessaire pour aborder notre thématique. Par la suite, ce chapitre sera organisé en deux parties. La première consiste en une recherche sur le thème spécifique choisi afin d'en donner une définition, de retracer l'évolution et de cerner les principales notions. La deuxième, une analyse d'exemple, nous permettra de mieux appréhender le type d'équipements à concevoir et de définir les besoins en termes de fonction et d'espace appropriés.

Le troisième chapitre intitulé « synthétisation et création du projet architectural », sera un aboutissement du travail effectué dans les deux premiers chapitres. Nous croiserons les données contextuelles avec les données thématiques afin de proposer un projet à même de répondre aux problématiques définies. Nous présenterons la démarche conceptuelle adoptée, l'idée fédératrice du projet, ainsi que les concepts utilisés jusqu'à arriver à la description du résultat final. Nous clôturerons ce chapitre en abordant le volet bioclimatique du projet. D'abord nous présenterons les théories de la bioclimatique pour, enfin, finir en exposant les différents procédés bioclimatiques qui nous ont permis d'exploiter au maximum l'environnement du projet afin d'améliorer le confort des usagers tout en assurant une maîtrise énergétique.

* Atouts Faiblesses Opportunités Menaces

ANALYSE DU CONTEXTE & ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE

« L'architecture est un art qui doit être contaminé par la vie. On doit d'abord chercher les empreintes d'un lieu, définir les contraintes qui stimulent la création, assurer une continuité entre l'ancien et le nouveau, il ne s'agit pas de faire le bâtiment qui manque, mais de défendre l'identité de lieu ».¹

¹ Renzo piano

Introduction

«... observant le site et étudiant son histoire avant de projeter, est notre chance; car dans sa genèse, sa structure formelle et ses significations nous nous trouvons les stimulants les plus puissants et la matière la plus enrichissante pour le projet de l'avenir: traces géométrique, vestiges, fragment de la nature... »²

L'architecture se schématise à partir de l'environnement dans lequel elle se place et elle est développée à partir de ce contexte. Une architecture sans rapport avec les conditions spatiales et spirituelles de l'environnement n'est qu'un geste vide de sens. Implanter un projet dans une assiette donnée exige donc la connaissance de cette dernière, et à échelle plus grande le quartier et la ville d'intervention.

Cette approche a pour finalité de mettre en relief les défaillances et les atouts du contexte. Cela nous aidera à mieux le comprendre pour ensuite choisir une thématique adéquate et appropriée qui préserve l'intégrité du lieu. C'est dans cette optique que nous allons procéder dans ce chapitre à une analyse de notre contexte d'intervention, à savoir la ville de Bejaia, dans ses multiples dimensions. Cela se fera comme suit :

- **Analyse du contexte global** (à l'échelle de la ville de Bejaia) : Elle porte sur la compréhension des processus de formation et de transformation de la ville à travers une lecture diachronique; ainsi que la compréhension de son environnement naturel (climat, faune et flore...) et culturel ; afin de tirer le meilleur parti pour le projet.
- **Analyse du contexte intermédiaire**, à l'échelle de la zone portuaire.
- **Analyse du contexte réduit** (à l'échelle de l'assiette d'intervention) : Elle incombe l'analyse de l'environnement immédiat de l'assiette du projet, le micro climat...afin de cerner toutes les contraintes et potentialités du site.

I.1. Etude du contexte d'intervention

Ville millénaire, Bejaia a été durant plusieurs siècles le lieu de brassage de différentes civilisations et cultures marquant, chacune d'elles, les lieux de son empreinte comme en témoignent encore aujourd'hui de nombreux vestiges historiques. Elle recèle également un potentiel naturel riche et diversifié de paysages majestueux, de faune et de flore endémiques qui font la promotion de la ville comme pôle touristique incontournable. Toutefois, cette richesse est aujourd'hui dans un état critique, menacée de perte à cause de comportements

²P.V MIESS : De la forme au lieu.

irresponsables. Nous tenterons à travers notre travail de recherche de réduire l'ampleur de ce désastre. Au-delà de ces potentialités, la ville de Bejaia avec sa bande côtière, ses forêts, ses lacs et ses montagnes englobe une mosaïque de systèmes écologiques et de microclimats représentatifs de grandes régions biogéographiques. Elle constitue, de ce fait, un véritable laboratoire à ciel ouvert qui offre la possibilité d'étudier et de démontrer des approches du développement durable au niveau régional. Cette particularité est favorable à la mise en pratique des théories de notre discipline qui s'intitule « architecture et environnement ».

I.1.1. Etude du contexte global d'intervention

I.1.1.1.Présentation générale de la ville de Bejaia

Géographiquement, la région d'étude se trouve au nord du continent africain ; adossée à l'Afrique, elle s'ouvre sur l'Europe, mettant directement en contact les deux mondes que beaucoup de choses séparent mais que beaucoup d'autres rapprochent. De plus la configuration locale du relief offre à l'Algérie sa plus belle baie et son port le plus sûr. La région a une façade sur la Méditerranée d'une soixantaine de kilomètres seulement, mais le site est un morceau d'ontologie tels qu'il en existe peu dans tout le bassin méditerranéen. L'emplacement de la ville de Bejaia en particulier, est une authentique œuvre d'art où le ciel, la ville, la montagne, la forêt et la mer se rencontrent et se mélangent en une fresque kaléidoscopique unique en son genre. C'est la seule ville d'Algérie où l'on peut trouver un dépaysement de bout du monde à seulement 5 minutes du centre-ville.

I.1.1.1.A. Situation géographique et limites de la ville

• A l'échelle nationale

Bejaia est une wilaya du nord-est Algérien qui se situe à 230 Km à l'est d'Alger, capitale du pays. Elle s'étale sur une superficie de 3261.26 Km² et s'ouvre sur le bassin méditerranéen par une façade côtière de 120 Km. Elle est délimitée administrativement par les wilayas de :

- Jijel à l'est
- Tizi-Ouzou et Bouira à l'ouest
- Sétif et Bourdj Bou-Arerridj au sud
- La mer méditerranée au sud.³

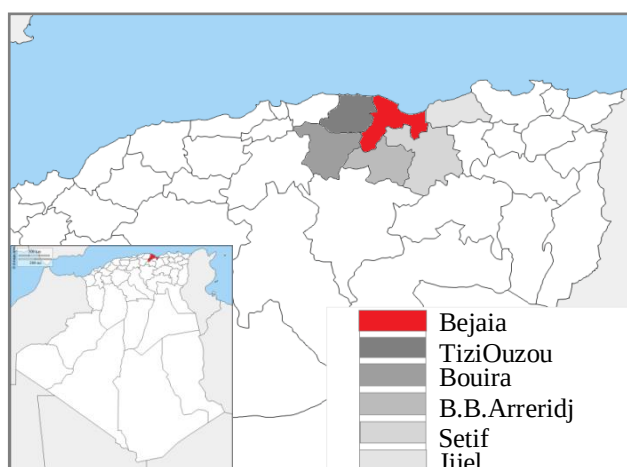


Figure 1 : Situation de la wilaya de Bejaia

Source : <https://www.lahistoriaconmapas.com/> auteurs

³PATW : Plan D'Aménagement du Territoire de la wilaya de Bejaia, phase N°1, septembre 2012, page20

• A l'échelle régionale

La ville de Bejaia est implantée en amphithéâtre sur le versant sud du mont Gouraya et s'étale sur 120.22 Km² autour du golf de Bougie (15 Km de profondeur et 45 Km de long). Elle est délimitée par la mer méditerranéenne au nord et les communes de :

- Tala hamza et Boukhelifa au sud-est
- Toudja au nord-ouest
- Oued Ghir au sud.⁴

La ville de Bejaia est géo localisée par les coordonnées suivantes :

Latitude : 36°45'21"Nord ; **Longitude**: 5°05'03"Est ; **Altitude** : 86 m.

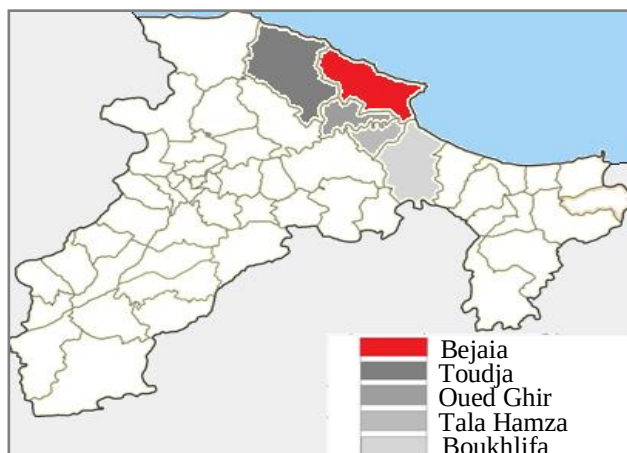


Figure 2 : Situation de la commune de Bejaia
Source : <https://www.lahistoriaiconmapas.com/> auteurs

I.1.1.1.B. Accessibilité et équipements de desserte

Bejaia occupe une place stratégique dans le réseau routier national car elle est située au croisement de quatre routes nationales. A cela s'ajoute un réseau ferroviaire permettant de la relier jusqu'à la capitale Alger. Enfin, son port et son aéroport constituent de vrais atouts et contribuent à la vocation économique et touristique de la ville.

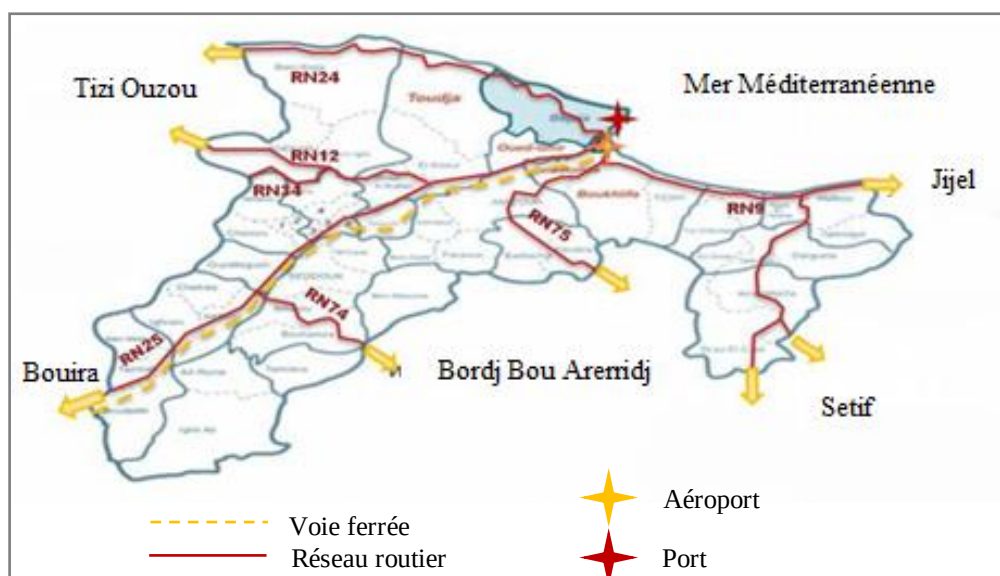


Figure 3 : Carte d'accessibilité de la ville de Béjaïa
Source : PATW Bejaia 2012, p. 216 / Auteurs

⁴PATW : Plan D'Aménagement du Territoire de la wilaya de Bejaia, phase N°1, septembre 2012, page20

Réseau routier	
 Figure 4 : Gare routière de Bejaia Source : https://mapio.net	- La RN 09 : relie Bejaia à Setif le long de la côte Est ; - La RN12 : relie Bejaia à TiziOuzou ; - La RN24 : relie Bejaia à Boumerdes par la côte ouest ; - La RN26 : relie Bejaia à Bouira ; - La RN 75 : relie Bejaia à Bordj Bou Arreridj.⁵
Chemin de fer	
 Figure 5 : Gare ferroviaire de Bejaia Source : https://fr.alltravels.com	La wilaya de Bejaïa dispose d'une infrastructure ferroviaire composée d'une voie ferrée longue de 90 Km reliant Bejaïa à Beni Mansour et de 09 gares au niveau des principaux centres urbains de la vallée de la Soummam. Cette voie assure le transport de marchandises et de voyageurs.
Réseau aérien	
 Figure 6 : Aéroport de Bejaia Source : http://www.bejaia06.com	Le réseau aéroportuaire relie Bejaïa au sud Algérien et aux principales villes de France avec des vols réguliers. L'infrastructure se compose d'une piste de 2.400 m x 45m, d'une aérogare d'une capacité de 4000 passagers/ jour et une aire de stationnement de 24.576 m².
Réseau maritime	
 Figure 7 : Gare maritime de Bejaia Source : Auteurs	Le port de Bejaïa constitue un atout stratégique pour toute la région aussi bien pour le transport de marchandises que celui des voyageurs. La nouvelle gare maritime permet de relier Bejaia à Marseille.

⁵PDAU Intercommunal de Bejaia, phase définitive, élaboré par la société civile professionnelle d'architectes AXXAM, chapitre 07, voiries et réseaux divers, page 108.

I.1.1.1.C. Données socioéconomiques de la ville de Bejaia

• Démographie

	1998	2008	2013	2018	2023	2033
Population	150 195	177 988	188 284	202 063	216 851	249 752

Tableau 1 : Evolution de la population de la commune de Bejaia

Source : PDAU Bejaia 2009

La zone connaît une dynamique démographique active due au pouvoir attractif de la ville de Bejaia. Elle présente un potentiel humain très important.

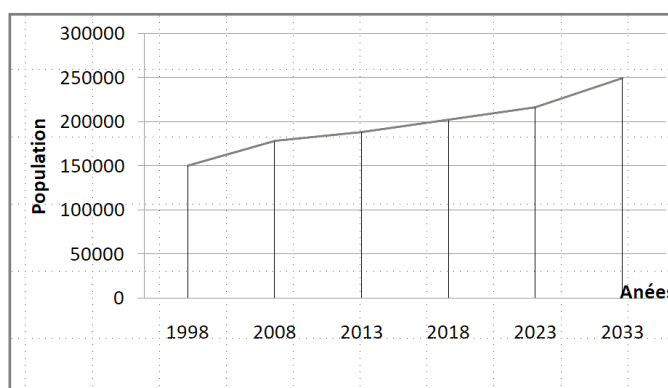


Figure 8 : Graphe de l'évolution de la population de Bejaia

Source : PDAU Bejaia 2009

• Secteurs d'activité

La population active est estimée à 38% de la population totale autrement dit à 67635 personnes avec un taux de chômage de 12% ce qui nous donne 8116 personnes.

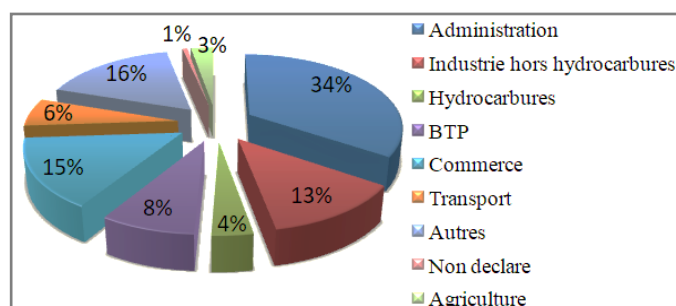


Figure 9 : Répartition des activités de la commune de Bejaia

Source : PDAU Bejaia / Auteurs

L'économie de la ville repose sur le secteur d'industrie, les services et le trafic portuaire. Le secteur du tourisme quant à lui accuse un retard considérable.

Enjeu

Une meilleure exploitation des ressources de la ville par la projection d'équipements qui favoriseront l'attractivité pourrait faire redynamiser le tourisme.

I.1.1.1.D. Données environnementales de la ville de Bejaia

• Morphologie

Situé en plein atlas tellien, le territoire de la Wilaya de Bejaia se présente comme une masse montagneuse compacte et bosselée, traversée par le couloir formé par la vallée de la Soummam. On peut distinguer trois ensembles de reliefs:

- **L'ensemble des montagnes :** occupe 75% soit 3/4 de la superficie totale de la Wilaya. Elle est constituée des chaînes des Bibans, Babors et Djurdjura.
- **L'ensemble de piémonts:** d'une morphologie ondulée constitué d'une succession de collines, il apparaît moins accidenté que la zone de montagne. Il représente la zone intermédiaire entre la plaine et la montagne.
- **L'ensemble de plaine:** composé des plaines de la vallée de la Soummam qui apparaît comme une bande sinueuse de 80 Kms de long sur une largeur maximale de 04 Kms et la plaine côtière qui sépare la mer et la chaîne des babors, elle se présente comme une bande étroite qui s'étend de l'embouchure de Oued Soummam à celui de Oued Agrioun soit une trentaine de Kilomètres.⁶

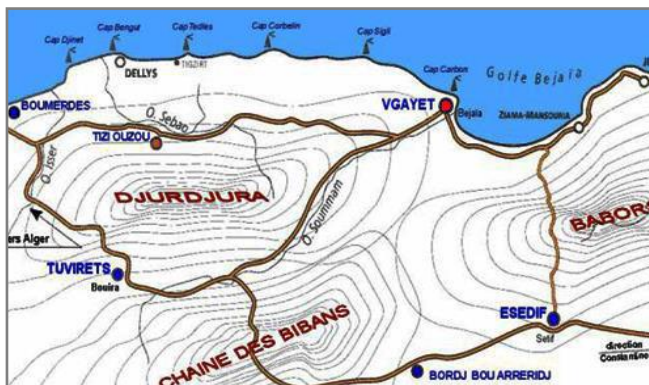


Figure 10 : Carte topographique de Bejaia
Source : PDAU Bejaia

• Hydrographie

La ville de Bejaia est irriguée par un important réseau hydrographique qui se déverse dans le bassin méditerranéen. Les oueds les plus importants sont : oued Soummam, oued Srir et oued Sghir. Le plus important, de l'Oued Soummam, traverse la moitié Ouest de la wilaya avec une superficie de 9125 Km².

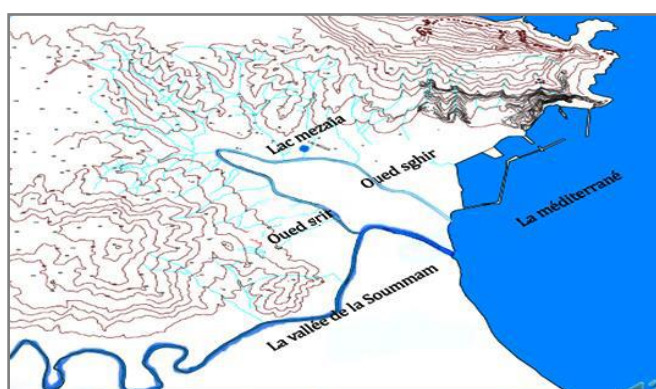


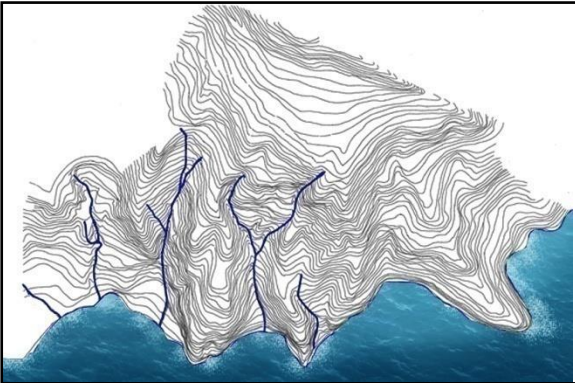
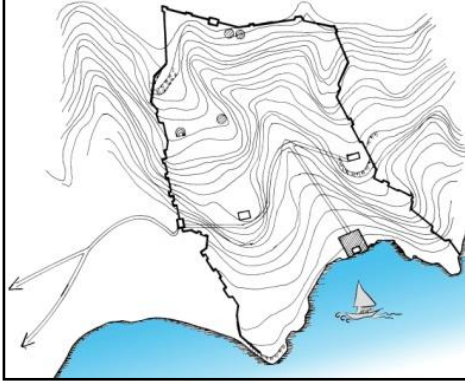
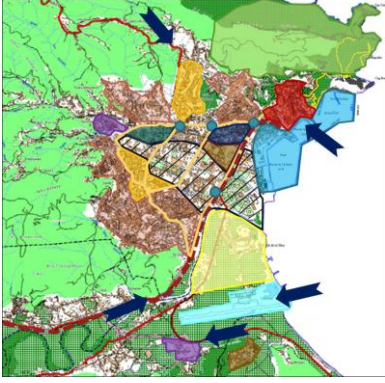
Figure 11 : Réseau hydrique de Bejaia
Source : PDAU Bejaia

⁶ Annuaire Statistique de la Wilaya de Bejaia, ONS

I.1.1.2.Lecture diachronique de la ville de Bejaia

« Ce n’est pas par curiosité intellectuelle gratuite, mais pour retrouver la logique de la ville qu’il faut reprendre l’histoire de sa formation. Savoir à quelle date telle souveraine ou tel chef de guerre est passé dans la ville ne représente pas d’intérêt, mais il faut suivre pas à pas l’histoire physique de la ville qui est le double reflet de l’exigence du site et de celle des hommes»⁷.



Epoque phénicienne 4eme siècle av-JC	Epoque romaine 33 Av-JC	Période coloniale 1833-1890	Période coloniale 1891-1962	Période post coloniale
 Figure 12 : Epoque Phenicienne Source : BET Axxam	 Figure 13 : Epoque Romaine Source : BET Axxam	 Figure 14 : Période coloniale 1833-1890 Source : BET Axxam	 Figure 15 : Période coloniale 1891-1962 Source : BET Axxam	 Figure 16 : Période post coloniale Source : BET Axxam
Fait historique La position géographique privilégiée de la région de Bejaia a permis l’installation d’un comptoir phénicien qui servait de relais lors de leurs déplacements commerciaux.	Fait historique L’occupation romaine de la ville de Bejaia s’inscrit dans un cadre économique. L’objectif premier était d’alimenter l’Italie en produit agricoles	Fait historique Les premières actions, dites d’appropriation, qui ont suivi la prise de Bougie en 1833, furent principalement guidées par le souci d’assurer la sécurité d’un territoire nouvellement acquis	Fait historique L’avènement du chemin de fer fut l’élément générateur du développement urbain à l’extérieur de l’ancienne ville vers la plaine.	Fait historique L’Algérie obtient son indépendance
Fait urbain -Construction d’un port punique à l’emplacement de l’actuel port.	Faits urbain - La ville connaît sa première forme d’urbanisation dictée par le relief du terrain. - Aménagement du port pour assurer les échanges commerciaux; - Fortification de la ville par des remparts ; - Construction de certains édifices de la ville romaine (temples, cryptes, citernes).	Faits urbain -L’élargissement des voies ; -L’alignement des bâtisses; - Fortification de la ville par des remparts ; -Nouveau tracé du type ETOILE (tracé HAUSSMANNIEN) ; - Structuration de l’espace urbain par des places publiques ; - Construction de la façade maritime.	Faits urbain - Destruction du Rampart ; -Extension du port ; - Disparition de la notion de l’îlot et des éléments de communication sociale avec l’avènement du plan de Constantine	Faits urbain - Emergence des tissus anarchiques engendrés par l’exode rurale ; - Le PUD de 1975 accorde une assiette importante à la zone industrielle et à l’activité portuaire et prévoit des extensions sur la plaine ; - Politique d’aménagement est basée sur le zoning. -L’apparition de nouveaux instruments urbains (PDAU et POS...) et instauration d’une nouvelle réglementation urbaine.
Eléments de permanence -Le port, Les portes Gouraya, Fouka et Sarrasine ; La façade maritime ; La place Gueydon				

⁷BABOURI Ziane, A propos de la logique d’orientation des rues de la ville de Bejaia au XIX siècle, Mémoire de master en architecture, université Abderrahmane Mira Bejaia, 2018

Bejaia est une ville née de la mer et qui a vécu en parfaite symbiose avec elle durant de nombreux siècles. En effet, depuis la période phénicienne, cette relation a été basée sur l'imbrication et la complémentarité de la ville avec son port, ce dernier a été le moteur de son économie et de son développement. Après l'indépendance, la ville connut une urbanisation massive induite par l'exode rural et les politiques visant à relancer l'économie du pays. Par conséquent, la ville a commencé à s'étaler lentement mais de façon irréversible vers la plaine à l'ouest. Malheureusement, cette extension s'est faite en entités monofonctionnelles suivant le principe du zoning et selon une occupation irrationnelle du sol provoquant une rupture entre les différentes entités de la ville, mais surtout entre la ville de Bejaia et sa façade maritime.

I.1.1.3.Lecture urbaine de la ville de Bejaia

I.1.1.3.A. Les tissus urbains

La ville de Bejaia est caractérisée par l'hétérogénéité de ses tissus résultant de la croissance urbaine à travers l'histoire. En effet, elle est constituée de plusieurs tissus différents en termes de typologie architecturale et de formes urbaines.

- **Le tissu historique** présente une valeur patrimoniale importante. Il est caractérisé par une organisation cohérente.

- **Les quartiers de la plaine** sont marqués par un maillage en damier et présentent une hiérarchie parfaitement cohérente.

- **Les ZHUN** ont été projetées dans des sites

vierges de toutes urbanisation d'où un langage inadéquat avec le reste de la ville.

- **Le tissu désolidarisé** est constitué d'habitat spontané et illicite occupant des terres agricoles. Il est caractérisé par l'hétérogénéité du bâti.
- **Le tissu de la zone aéroportuaire** a tracé haussmannien caractérise par l'homogénéité des façades et des gabarits et une mixité fonctionnelle.

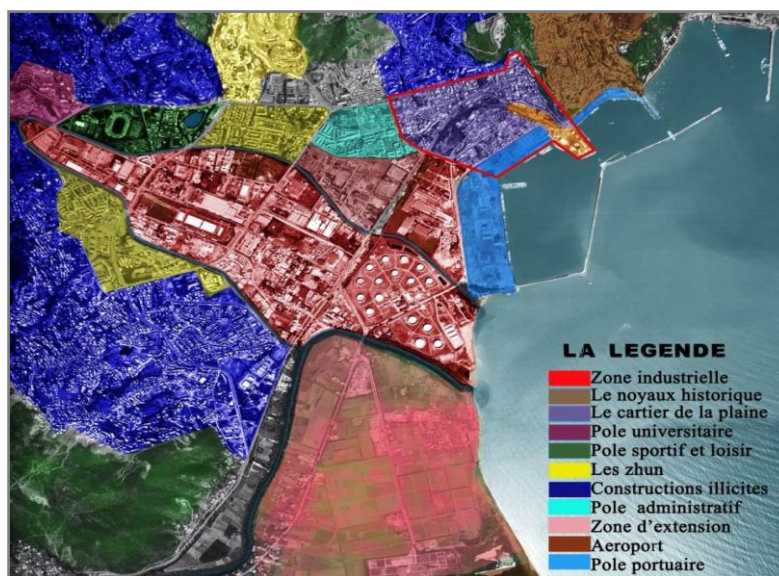


Figure 17 : Carte des tissus urbains de Bejaia

Source : BET Axxam/traitée par les auteurs

- **Le tissu de la zone industrielle** situé en plein périmètre urbain, constitue un pôle économique et industriel important pour la ville. Il se caractérise par la discontinuité de tissu urbain et l'impossibilité d'extension ainsi que par le manque des espaces publics.⁸
- **Le tissu de la zone portuaire** représente un pôle économique et touristique important caractérisé par une organisation en ilots et en parcelles. Il accueille l'activité portuaire.

Constat

L'analyse des tissus urbains permet de constater que le tissu portuaire est la cause de la rupture entre la ville de et la mer. En effet, l'activité industrialo-portuaire dresse une barrière imperméable qui empêche de profiter de la façade maritime de la ville.

I.1.1.3.B. Le système viaire

Les voies sont des éléments linéaires du paysage urbain permettant l'organisation du mouvement. Rues, trottoirs, sentiers, lignes de transport en commun, voies ferrées, les voies sont susceptibles d'être parcourues physiquement par les piétons-observateur et éventuellement par différents types de véhicules. Elles se structurent en réseaux et couvrent l'ensemble de l'espace urbain.⁹

- **Le boulevard de la Soummam** permet d'articuler la ville avec l'extérieur, il est à vocation industrielle et de transport.
- **Le boulevard de la Liberté** porte les grands équipements, il est à vocation administrative.
- **Le boulevard Krim Belkacem** relie deux boulevards et articule entre plusieurs entités des ZHUN.

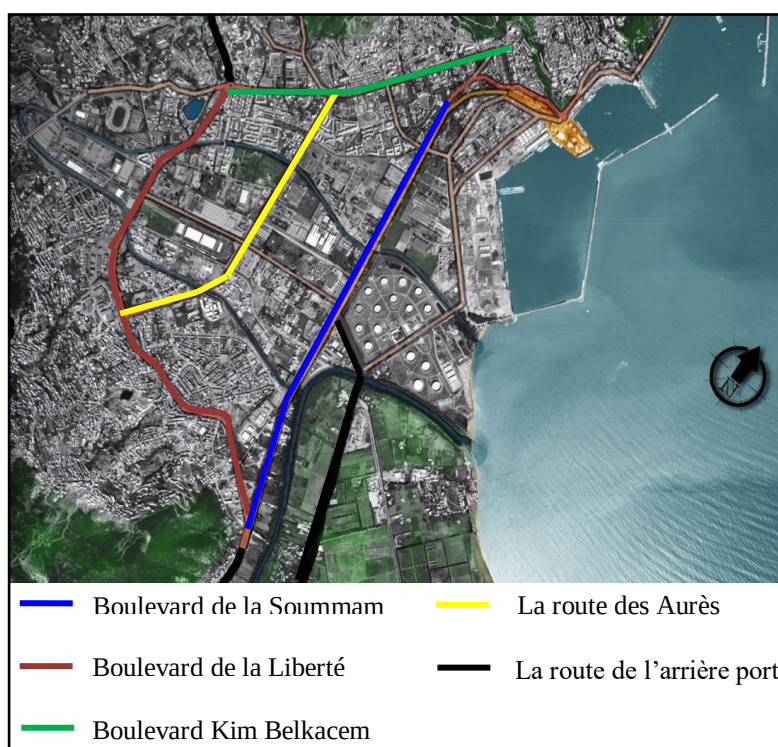


Figure 18 : Carte du réseau viaire de Bejaia
Source : BET Axxam/auteurs

⁸PDAU Intercommunal de Bejaia, phase définitive, élaboré par la société civile professionnelle d'architectes AXXAM, chapitre 08, « Industrie », page 108

⁹Kevin LYNCH, l'image de la cite. Edition Dunod, Paris, 1969

- **La route des Aurès** traverse la zone industrielle et relie les ZHUN au nouveau centre urbain.
- **La route de l'arrière-port** constitue une alternative à partir de l'extérieur.

I.1.1.3.C. Les nœuds

Ce sont des jonctions de voies où l'on doit prendre des décisions (de direction notamment, mais aussi de mode de transport, comme dans le cas d'une station de métro ou d'une gare). Les contraintes de la prise de décision rendent les usagers de l'espace public plus attentifs, et donc plus sensibles, aux éléments placés à côté d'un nœud.

- **Le rond-point Amriw**, qui porte la maison de la culture constitue un seuil de la ville en arrivant de la RN 29.
- **Le square pasteur**, point de convergence des axes structurants : boulevard de la liberté, de la Soummam et du colonel Amirouche, est au cœur du nouveau centre-ville.

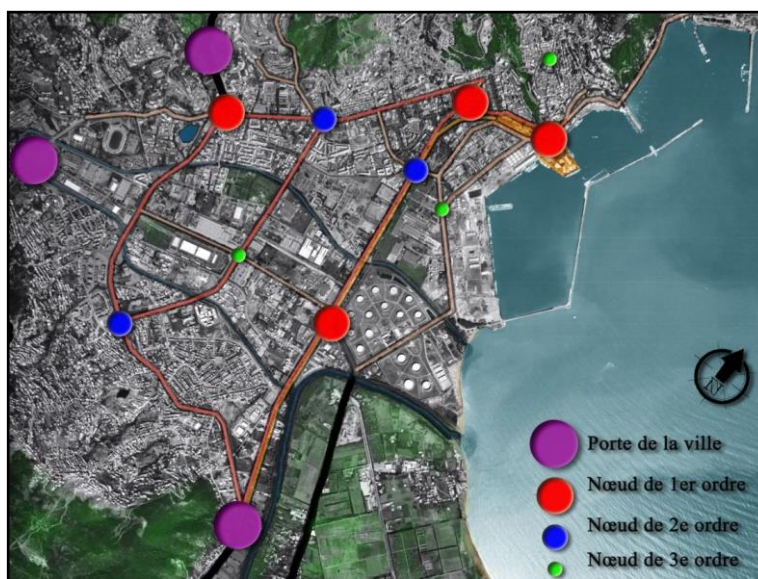


Figure 19 : Carte des nœuds de Bejaia

Source : BET Axxam/auteurs

- **Le carrefour RN12** constitue un seuil de la ville de Bejaia du côté Sud.
- **Le rond-point du port** permet d'articuler entre le noyau historique et le tissu colonial.
- **L'échangeur de la gare** constitue le carrefour de la RN12 et de la RN09. Il distribue la zone industrielle et la ville. Il porte la gare routière de Bejaia.

Constat

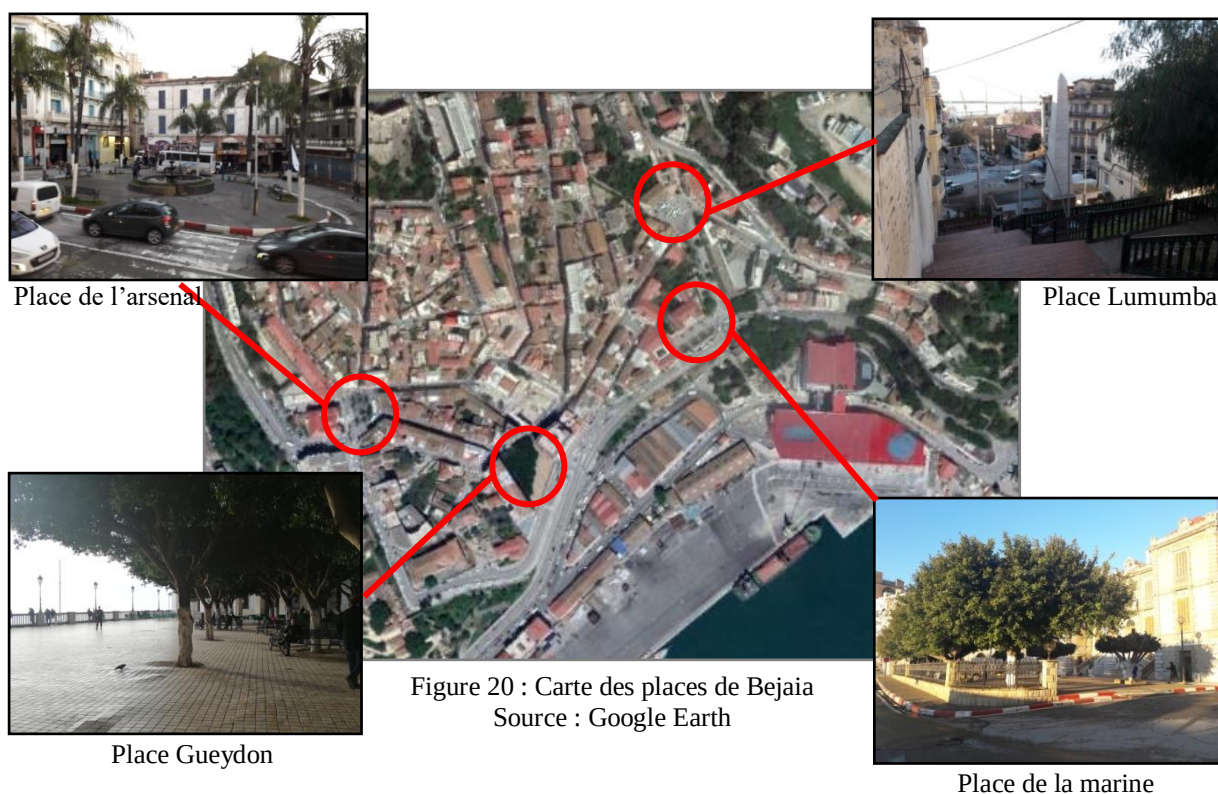
Les nœuds de la ville de Bejaia se limitent à de simples intersections de voies conçus dans le souci d'améliorer la fluidité de la circulation mécanique sans prise en charge de son importance comme point de repère. Ils sont mal aménagés et souvent pas à la hauteur des équipements qu'ils portent.

I.1.1.3.D. Les places

La place est un espace public non bâti, desservi par des voies, affecté aux piétons ou aux véhicules, au revêtement généralement minéral, entouré principalement par des bâtiments, et agrémenté de mobilier urbain et d'édicules divers¹⁰

Les places de la ville de Bougie sont hiérarchisées selon des échelles d'appartenance :

- **Les places à l'échelle de la ville** (La place de l'arsenal et La place Guydon)
- **Les places à l'échelle du quartier** (La place de Bouchffa et La place de la marine)
- **Les places à l'échelle de l'équipement** (La place de Lumumba et sidi soufi).



Constat

La ville de Bejaïa compte plusieurs places mais qui se concentrent toutes dans le noyau historique. Distantes de 250 m, elles sont des éléments qui structurent la ville, par leurs positions dans la structure urbaine. Elles jouent le rôle de moments de respiration de la ville, et de choix directionnel. On constate également que ces places ne profitent pas des atouts paysagers qu'offre la ville avec sa mer. En effet, hormis la place Gueydon et l'aménagement de la brise de mer, les places de la ville se situent toutes en arrière-plan de la façade maritime masquées par le tissu portuaire qui constitue une barrière infranchissable par le piéton.

¹⁰GAUTHIEZ. B espace urbain, vocabulaire et morphologie. Edition patrimoine, Paris,2003

I.1.1.3.E. Stratégie d'orientation

L'activité industrialo-portuaire occupe le cœur géographique et le centre stratégique de la ville sans lui apporter de valeur ajoutée tangible. L'urgence de sa délocalisation devient un impératif de survie. Le PDAU intercommunal Bejaia 2009 recommande à cet effet :

- Déplacement du port pétrolier vers l'Est pour éliminer les risques ;
- Récupération des espaces autour du port et intégrer des espaces ouverts à l'urbain pour régler la rupture ville/port et l'absence de mixité ;
- Réaménagement du vieux port de Bejaia en port de plaisance dans la continuité la brise de mer.

I.1.1.4. Les potentialités culturelles et naturelles de la ville de Bejaia

Bejaia que certains qualifient de perle de l'Afrique du nord, jouit d'une situation géographique privilégiée. Sa façade côtière de plus de 100km est surplombée par des massifs montagneux, pourvus de forêts denses, de lacs, de gorges, de grottes féeriques et des sources thermales. En plus de ces potentialités naturelles, la ville de Bejaia recèle de nombreux vestiges historiques qui constituent une attraction touristique par excellence.

I.1.1.4.A. Potentialités culturelles et historiques

Ville historique de tous les temps, Bejaïa fût le berceau d'innombrables civilisations qui l'ont marquée de leur culture. De nombreux sites témoignent encore aujourd'hui des fastes de son long passé historique

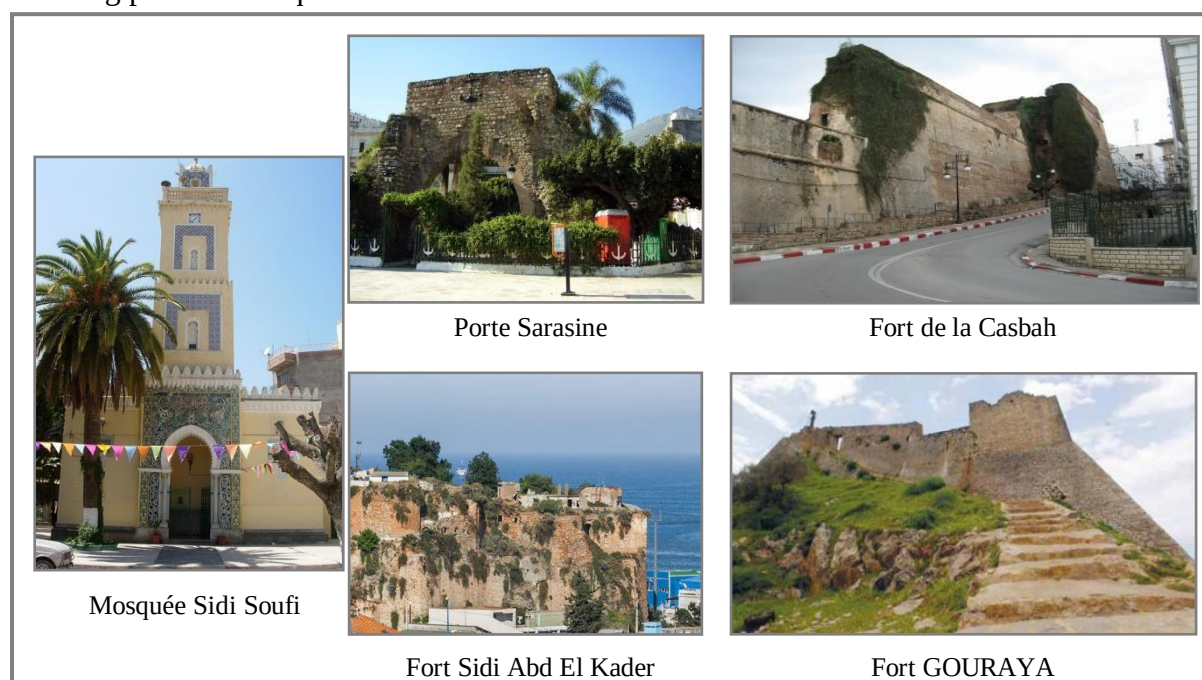


Figure 21 : Potentialités culturelles et historiques de la ville de Bejaïa
Source : <https://www.mta.gov.dz/tourisme/bejaia>

I.1.1.4.B. Potentialités naturelles et pittoresques

Le littoral de la ville de Bejaia renferme un patrimoine naturel inestimable. Entre forêt, mer et montagne il constitue un hot spot de la biodiversité. La végétation endémique, le contraste des milieux marin-continentale ainsi que l'histoire régionale de la ville ont été à l'origine de la création du parc national de Gouraya.

• Le parc national de GOURAYA

Le GOURAYA présente des richesses écologiques et esthétiques exceptionnelles, notamment la flore, la faune et les sites pittoresques. Ajouté à cela, le parc, par sa situation à la limite immédiate de la ville de Bejaia, constitue une aire éducative et attractive en matière de détente et de loisirs. Il s'étale sur une superficie de 2080 ha, à laquelle s'ajoute une zone marine de 7842 ha ainsi qu'une zone lacustre (le lac de Mézaia) d'une superficie de 2.5 ha. Il renferme une biodiversité riche de 2198 espèces réparties en 974 végétales et 1224 animales dont 87 espèces protégées. En 2004, le parc a été classé comme réserve de biosphère par le conseil international de coordination du programme « l'homme et la biosphère » (MAB) de l'UNESCO à Paris. Le PNG¹¹ compte également 09 endroits pittoresques qui attirent chaque année plus de 1 200 000 touristes des quatre coins du pays mais aussi de l'étranger. On peut citer entre autres : le cap Carbon, le pic des singes, l'anse des aiguades et le cap Bouak.

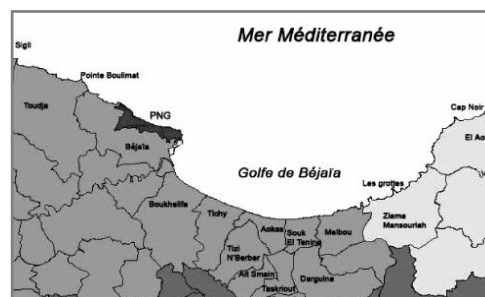


Figure 22 : Situation du PNG

Source : <https://www.semanticscholar.org>



Figure 23 : Potentialités pittoresques de la ville de Bejaia

Source : <https://www.mta.gov.dz/tourisme/bejaia>

¹¹Parc National de Gouraya

- **Menaces et contraintes**

On ne peut parler de l'avenir du Parc national du GOURAYA sans évoquer les vraies menaces qui pèsent sur l'environnement dans cette région pourtant à vocation touristique. En plus des changements climatiques à l'échelle planétaire qui menacent l'équilibre des écosystèmes, nous pouvons également citer :

- Les actes d'incivisme dont font preuve certains visiteurs du site ;
- L'implantation d'une décharge publique au cœur du PNG, plus précisément au niveau du versant nord surplombant la merveilleuse station balnéaire de Boulimat ;
- Expansion rapide de la ville et une urbanisation non maîtrisée ;
- La mauvaise gestion des eaux usées (rejet dans la mer sans traitement) ;
- Les rejets de l'activité industrielle.

I.1.1.4.C. Stratégie d'orientation

Le parc de Gouraya abrite déjà un écomusée constitue une aire éducative et attractive en matière de détente et de loisirs. Dans le but de conserver et de valoriser cet atout, le PDAU intercommunal Bejaïa 2009 a élaboré une stratégie d'orientation qui porte sur la projection de plusieurs équipements qui visent lier loisir et science :

- Un parc de loisir scientifique qui pourrait englober deux thèmes ; la mer et la montagne ;
- Un parc océanographique et musée aquatique pour la découverte des fonds marins ;
- Une forêt créative qui peut concerner des aires de jeux et de repos, des gîtes de montagne, des aires de pique-nique ;
- Un parc à thème comme moyen ludique de faire connaître la culture d'une de la ville de Bejaïa.

I.1.1.5. Etude climatique et bioclimatique de la ville de Bejaia

*« La relation de l'architecture avec l'environnement est à l'ordre du jour ; elle concerne l'impact écologique et visuel, mais aussi les échanges entre le climat et les ambiances intérieures, cet aspect a été particulièrement négligé ces dernières années, mais il est devenu en raison de crise de l'énergie, un des principaux thèmes de recherche en matière d'architecture ».*¹²

Cette partie de travail nous permettra de définir et de cerner les concepts liés à la bioclimatique et ainsi prévoir des recommandations qui nous aideront à créer un

¹² B.GIVONI, L'homme l'architecture et le climat, édition le moniteur, Paris, 1978

environnement confortable au sein de notre projet. En effet, les caractéristiques du paysage et du climat déterminent les emplacements les plus favorables, ainsi qu'orientation, formes, matériaux, ouvertures...etc. La réussite d'un projet dépend de l'aptitude du concepteur à interpréter les facteurs naturels et à créer une architecture en conséquence.

Les données climatiques utilisées dans ce projet concernent les dix dernières années (2007-2017) et sont recueillies au niveau de l'antenne de l'office national de météorologie (ONM) situé au niveau de l'aéroport de Bejaia.

I.1.1.5.A. Données climatiques de la ville de Bejaia

Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat de la ville de Bejaia est de type Csa. Autrement dit, un climat méditerranéen avec ses caractéristiques classiques : chaud et sec en été, doux et humide en hiver. Toutefois à moins d'une conjoncture exceptionnelle la température reste toujours en-dessous de 30°C en été et toujours au-dessus de 10°C en hiver, ce qui fait de la région une véritable zone de villégiature, fréquentable toute l'année.

• Température

Paramètres	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T moy min (°C)	7.39	7.53	9.23	11.59	14.5	17.71	20.94	21.31	19.25	16.56	12.15	8.62
T moy max (°C)	16.83	16.8	18.82	21.19	23.74	26.93	29.91	30.58	28.31	26.31	21.48	17.67

Tableau 2 : variation des températures mensuelles de la ville de Bejaia au cours de la période 20007-2017
Source : Station météorologique de Bejaia

Le mois le plus froid est le mois de février au cours duquel la température mensuelle minimale est enregistrée à 7.39°C. Le mois d'août, quant à lui, est le mois le plus chaud avec une température mensuelle maximale de 30.58°C.

L'analyse du graphe fait apparaitre une amplitude thermique relativement réduite entre les valeurs minimales et maximales enregistrées, et cela peut être justifié par la proximité de la mer qui agit comme volant thermique.

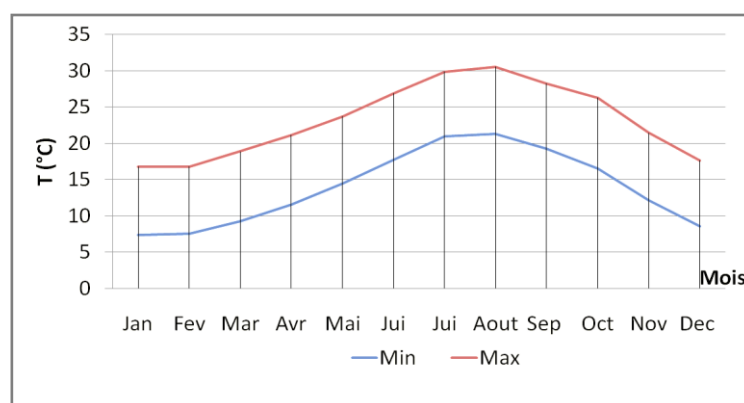


Figure 24 : Graphe de la variation des températures moyennes mensuelles de la ville de Bejaia
Source : Station météorologique de Bejaia/Auteurs

L'analyse de ces données nous laisse constater des températures maximales en été bien en dessous de celles ressenties sur le terrain qui peuvent dépasser les 40°C. Dans le but d'apporter une réponse à cette anomalie, nous émettons les hypothèses suivantes :

- La situation de la station météorologique l'expose à des brises marines;
- La mer qui agit comme volant thermique grâce à la chaleur spécifique de l'eau ;
- La présence abondante de végétation qui rafraîchit l'air par évapotranspiration ;
- Les mesures relevées par la station météorologique sont pondérées par l'indice de refroidissement éolien qui prend en considération la vitesse des vents ;
- Les taux d'humidité élevés que connaît la ville ;
- Enfin, les températures ressenties sur le terrain sont dues au phénomène d'îlot de chaleur urbain.

• Humidité

Paramètres	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
H min (%)	53	51.5	55.1	55.8	58.5	57.1	55.1	55.2	53.6	53.3	53	54.2
H max (%)	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6

Tableau 3 : Variation du taux d'humidité relative de la ville de Bejaia au cours de la période 2007-2017

Source : Station météorologique de Bejaia

Les données récupérées auprès de la station météorologique de la ville de Bejaïa enregistrent un taux d'humidité maximal de 92.6%. Constant tout au long de l'année. Nous émettons des réserves quant à cette donnée car elle ne reflète pas les conditions ressenties in situ. D'autre part, il est admis en thermique que la température et l'humidité sont deux paramètres interdépendants (la variation de l'humidité est inversement proportionnelle à celle de la température). Cette lacune peut être justifiée par la défaillance des appareils de mesure. Toutefois, dans un cadre pédagogique ou le but recherché reste la maîtrise des outils d'aide à la conception bioclimatique et en l'absence d'autres sources fiables d'informations, nous nous référons à ces données tout en prenant les mesures nécessaires.

Les valeurs d'humidité relative minimales relevées sont comprises entre 51.5% et 58.5% durant toute l'année. Ces valeurs correspondent aux recommandations de l'ASHRAE comprises entre 30% et 60%.

L'analyse des données relatives à l'humidité nous permet également de noter des anomalies. En effet, les mesures relevées sont anormalement élevées, notamment en été. A cet effet, nous émettons les hypothèses suivantes :

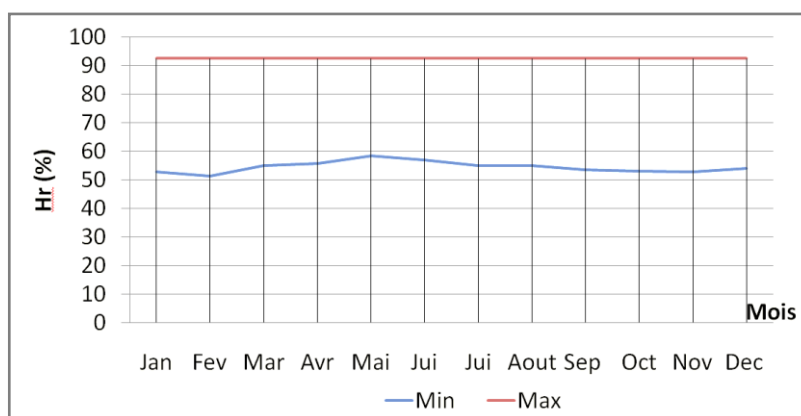


Figure 25 : Graphe de la Variation du taux d'humidité relative de la ville de Bejaia

Source : Station météorologique de Bejaia/Auteurs

- La proximité de la mer et de l'oued Soummam contribue à l'augmentation de l'humidité de l'air;
- La proximité de la ZI qui rejette dans l'atmosphère des gaz saturés en vapeur d'eau ;
- La végétation autour de la station météorologique, avec le phénomène d'évapotranspiration, dégage des quantités de vapeur considérable ;
- La nature agricole du sol autour de la station présente une grande capacité de rétention des eaux pluviales et par conséquent influe sur les mesures effectuées par la station.

• Précipitations

Paramètres	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
R moy (mm)	92.2	94.8	88.8	47.6	45.7	16.8	2.7	21.5	62.4	75.4	108	131.3

Tableau 4 : Cumuls mensuels des précipitations de la ville de Bejaia au cours de la période

Source : Station météorologique de Bejaia

Les précipitations dans la région présentent une période de sécheresse en été (mois de juin, juillet et août). Les plus importantes quantités de pluie ont été mesurées entre les mois de décembre et mars (en hiver) avec des valeurs comprises entre 90.2 mm et 115.91

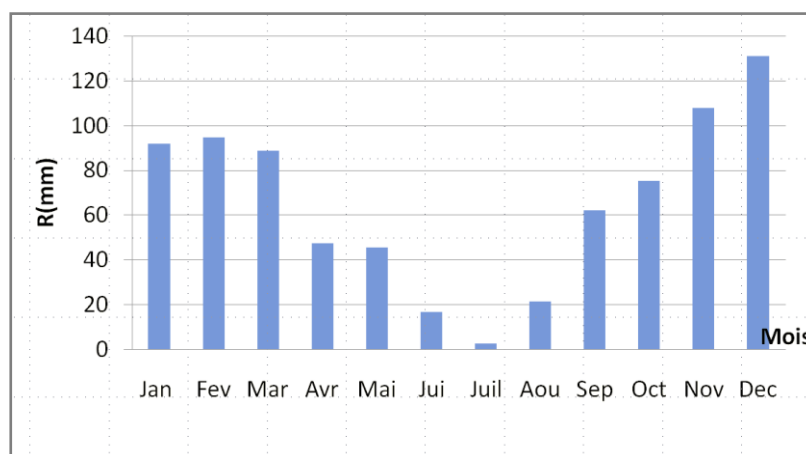


Figure 26 : Diagramme des cumuls mensuels des précipitations de la ville de Bejaia

Source : Station météorologique de Bejaia/Auteurs

mm, avec une moyenne de 800.3 mm/an.

Pour palier à ce déséquilibre, nous recommandons de prévoir un système de récupération des eaux pluviales en hiver pour leur utilisation en été afin de réduire la consommation en eau potable.

• Vents

Les vents dominants proviennent du Nord-est à Est, en été et d'Ouest à Nord-Ouest en hiver, néanmoins les composantes naturelles de la ville ont un impact sur les vents : Le mont Gouraya qui s'élève à plus de 670m d'altitude protège la ville des vents du Nord.

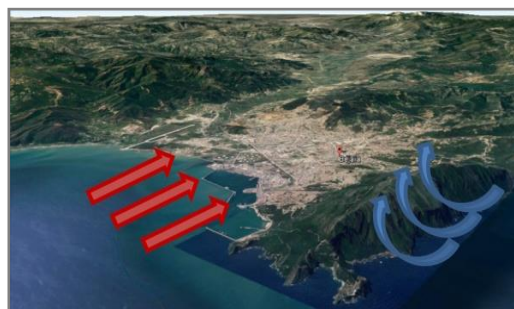


Figure 27 : Exposition de la ville aux vents
Source : Google Earth/Auteurs

Paramètres	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
V. Moy (m/s)	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	3.1	3.1	3.3	3.1	3.3	3.7	3.9

Tableau 5 : Variation de la vitesse des vents de la ville de Bejaia entre 2007-2017
Source : Station météorologique de Bejaia

Selon l'échelle de Beaufort, la ville de Bejaia est exposée à des vents de force 3 qualifiés de « petite brise » de décembre à mars et de force 2 qualifiés de « légère brise » le restant de l'année.

- Observations sur terre : Les drapeaux légers se déploient, les feuilles et les rameaux sont sans cesse agités. (Vents de force 3).

- Observations en mer : Très petites vagues d'environ 60 cm de haut (Vents de force 3).

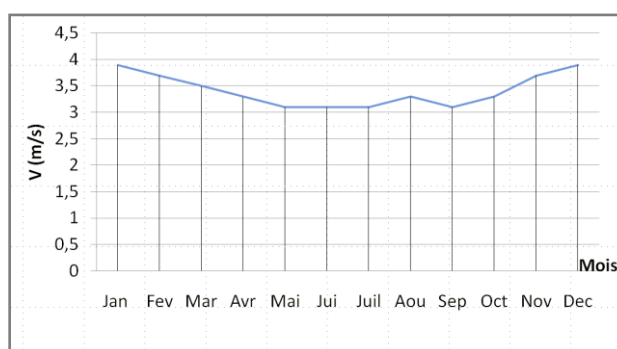


Figure 28 : Histogramme de la vitesse des vents de la ville de Bejaia
Source : Station météorologique de Bejaia/Auteurs

I.1.1.5.B. Ensoleillement de la ville de Bejaia

Le digramme solaire est une forme de représentation graphique de la course du soleil. Il constitue un outil pratique d'aide à la conception qui permet de représenter, depuis un point quelconque de la surface terrestre, la course apparente du soleil dans le ciel. L'analyse du diagramme solaire nous permettra en aval de déterminer le type des protections solaires (horizontales/verticales) et de les dimensionner.

Le 21 décembre, le soleil se lève au Sud-est et se couche au Sud-ouest, il atteint sa hauteur maximale de 30° à midi. Les façades orientées sud sont les plus exposées au soleil. Le 20 mars, le soleil atteint une hauteur maximale de 53° à midi, il se lève à l'est et se couche à l'ouest. Le 21 juin, le soleil se lève au Nord-est et se couche au Nord-ouest, il atteint une hauteur de 76° à midi, les façades sud, est et ouest sont fortement irradiées.

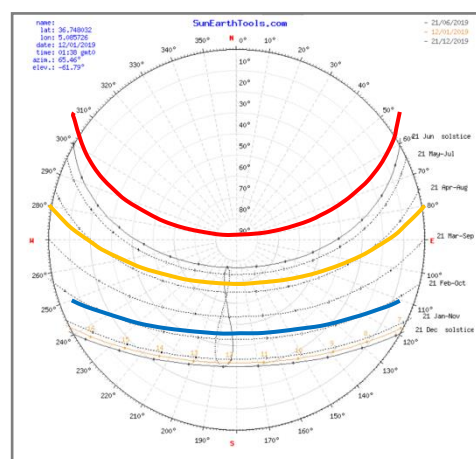


Figure 29 : Course apparente du soleil
Source : Sun Earth Tools/Auteurs

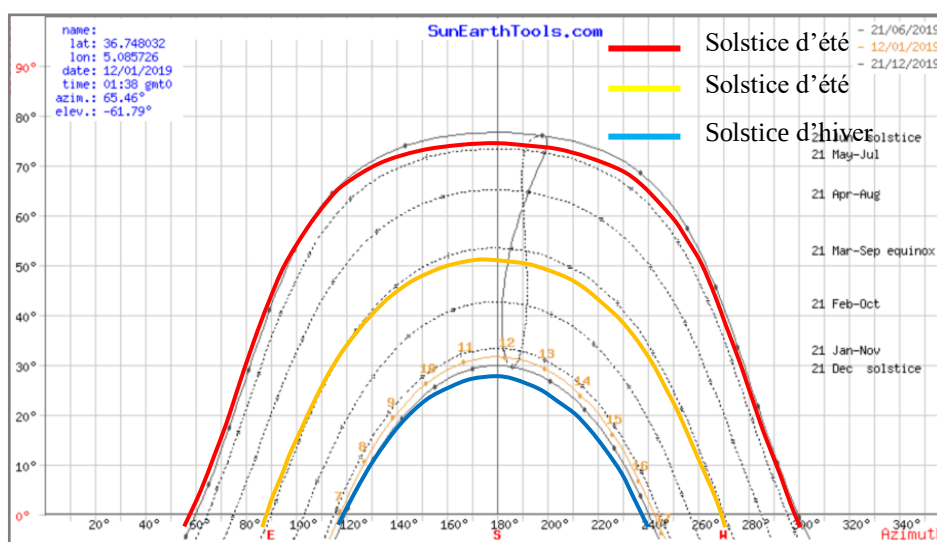


Figure 30 : Course apparente du soleil
Source : Sun Earth Tools/Auteurs

I.1.1.5.C. Diagramme psychométrique de GIVONI

Le diagramme bioclimatique développé par Givoni est un outil d'aide à la conception qui permet aux architectes, dès les premiers stades de conception, de déterminer quelles sont les meilleures solutions architecturales à choisir pour maintenir les conditions de confort à l'intérieur du projet, et cela en fonctions des données climatiques.

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T max (°C)	16.83	16.8	18.32	21.19	23.74	26.93	29.91	30.58	28.31	26.1	21.48	17.67
H min (%)	53	51.4	55.1	55.8	55.8	57.1	55.1	55.2	55.6	53.3	53	54.2
T min (°C)	7.39	7.53	9.23	11.59	14.5	17.71	20.94	21.31	19.25	16.56	12.15	8.62
H max (%)	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6	92.6

Localisation	Bejaia
Longitude	5°
Latitude	36°
Altitude	0m-625m

Passifs	GI : Inertie thermique et Gains internes AS : solaire passif h : Humidification
Dispositifs	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

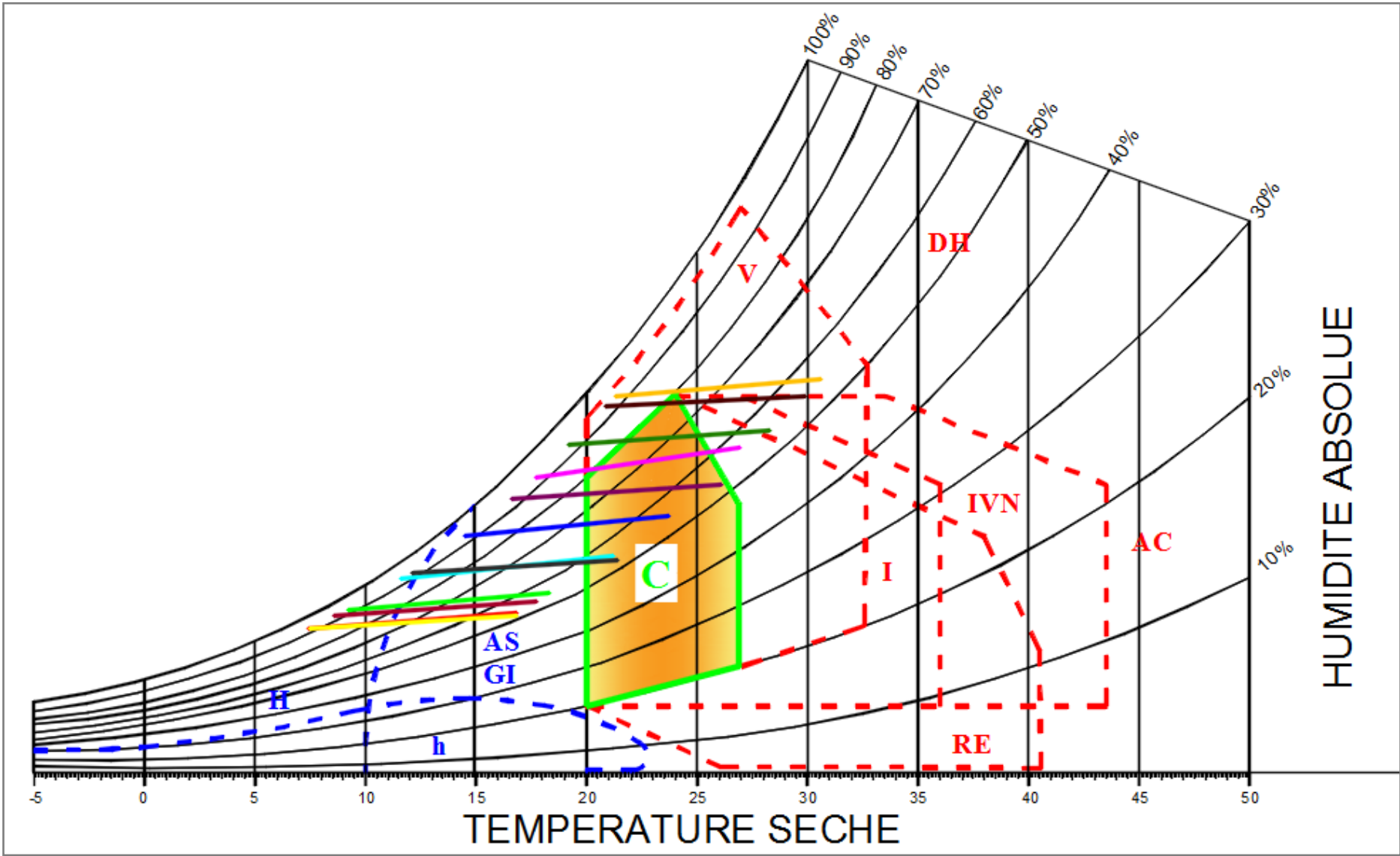


Figure 31 : Diagramme psychométrique de GIVONI
Source : Etabli par les hauteurs

	GI	AS	h	H	C	I	IVN	V	RE	DH	AC
Jan	X	X		X							
Fev	X	X		X							
Mars	X	X		X							
Avr	X	X			X						
Mai	X	X			X						
Jui	X	X			X				X		
Juil							X	X			
Aout								X			
Sep					X		X	X			
Oct	X	X			X						
Nov	X	X			X						
Dec	X	X		X							

Tableau 6 : Récapitulatif du diagramme de GIVONI

Source : Auteurs

Le diagramme de GIVONI est un outil d'aide à la conception qui reste plus ou moins efficace d'un climat à un autre et dont la précision dépend directement de la précision des paramètres de température et d'humidité. Appliquée à la ville de Bejaia, il montre certaines lacunes :

- Pour le mois de juin, il recommande du solaire passif alors que nous sommes en été ;
- Pour le mois d'aout, il recommande uniquement une ventilation naturelle renforcée alors que c'est le mois le plus chaud de l'année.

Cela est indéniablement lié à la défaillance des données relatives à l'humidité précédemment soulevée. Afin d'optimiser le diagramme de GIVONI, nous jugeons nécessaire d'effectuer un réajustement.

	GI	AS	h	H	C	I	IVN	V	RE	DH	AC
Jan	X	X		X							
Fev	X	X		X							
Mars	X	X		X							
Avr	X	X			X						
Mai	X	X			X						
Jui					X		X	X	X		
Juil							X	X			X
Aout								X			X
Sep					X		X	X			
Oct	X	X			X						
Nov	X	X			X						
Dec	X	X		X							

Tableau 6 : Récapitulatif du diagramme de GIVONI après réinterprétation

Source : Auteurs

Période	Recommandations	Interprétations
Janvier/Février/ Mars/Décembre	- Inertie thermique et gains internes - Chauffage actif - Solaire passif	- Optimiser l'énergie solaire passive; - L'utilisation des matériaux à forte inertie thermique, et ceux qui permettent un long déphasage associé à une isolation extérieure; - Favoriser l'orientation sud avec de grandes surfaces vitrées;
Avril/Mai/Octobre/ Novembre	- Zone de confort - Solaire passif - Inertie thermique et gains internes	- Optimiser l'énergie solaire passive; - L'utilisation des matériaux à forte inertie thermique, et ceux qui permettent un long déphasage;
Juin/ septembre	- Inertie thermique avec ventilation nocturne ; - Ventilation naturelle renforcée	- Ventilation naturelle pendant la journée; - L'utilisation des matériaux à forte inertie thermique, et ceux qui permettent un long déphasage;
Juillet /Août	- Inertie thermique avec ventilation nocturne - Ventilation naturelle renforcée - Refroidissement mécanique	- Ventilation naturelle en canalisant les brises marines; - Protection solaire - Solaire actif

Tableau 6 : Interprétation du diagramme climatique de Givoni
Source : Etabli par les auteurs

L'analyse climatique de la ville de Bejaia fait apparaitre, comme pour l'ensemble des villes côtières un taux d'humidité élevé, ce qui fait de celle-ci un paramètre climatique très important à prendre en considération dans la conception du projet par le biais de solutions qui privilégient la ventilation. Le plus grand atout de la ville réside dans sa protection naturelle face aux vents du Nord, et de sa mer orientée vers le Sud, bénéficiant ainsi d'une exposition optimale au soleil.

I.1.2. Etude du contexte intermédiaire

Suite à l'analyse effectuée à l'échelle de la ville de Bejaia, notre choix s'est porté sur la zone portuaire. Moment de départ de la ville puis facteur de sa dissociation avec la mer, le port de Bougie représente une zone sensible dont l'intervention peut sceller positivement ou au contraire bloquer le destin de la ville de manière irréversible. En plus de sa dimension historique, la zone portuaire jouit également d'une position stratégique. Elle constitue, en effet, une porte maritime de la ville et permet des articulations à différentes échelles du contexte (Noyau historique / centre-ville, Ville de Bejaïa / mer). Enfin, notre choix s'inscrit dans l'optique de la délocalisation du port pétrolier retenue dans le PDAU de Bejaia 2009 et le réaménagement de la zone portuaire à des fins touristiques et de loisir.

I.1.2.1. Présentation du port de Bejaia

I.1.2.1.A. Situation et limites

Le port se situe dans la baie de Bejaia à 2 Km au sud du centre-ville. Il est délimité suite à l'arrêté n 93/1015 DRAG du wali de Bejaia comme suit :

- Au nord par la RN 9 ;
- Au sud par les jetées de fermeture ;
- A l'est par la jetée est ;
- A l'ouest par la zone industrielle.¹³

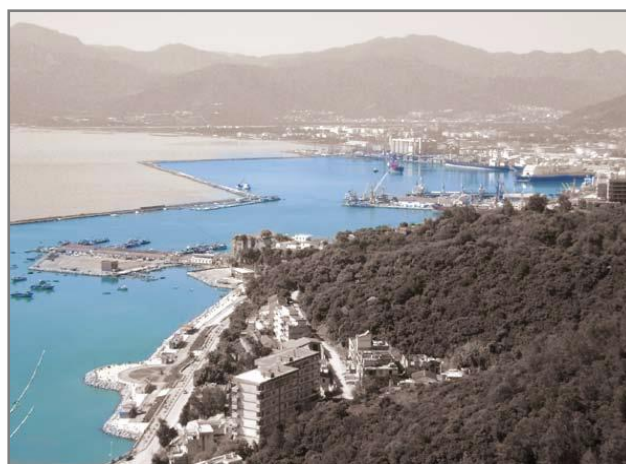


Figure 32 : Port de Bejaia

Source :

<https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf>

I.1.2.1.B. Accessibilité

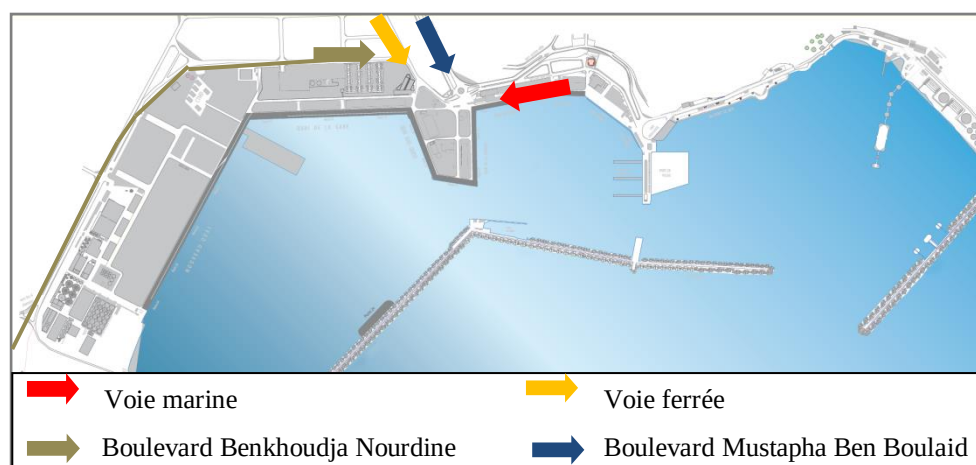


Figure 33 : Carte d'accessibilité du port

Source : <https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf> / Auteurs

¹³<https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf>

En plus de se situer à 5 Km de l'aéroport de la ville, le port de Bejaia jouit d'une excellente accessibilité. En effet, il est directement accessible depuis l'extérieur de la ville par le boulevard d'évitement Benkhoudja Nourdine et depuis le centre-ville de Bejaia par le boulevard Mustapha Ben Boulaid et par la rampe du port. Par sa situation stratégique au point de convergence de différentes infrastructures de transport, le port de Bejaia est également accessible par voie marine et ferroviaire.

I.1.2.1.C. Infrastructures du port

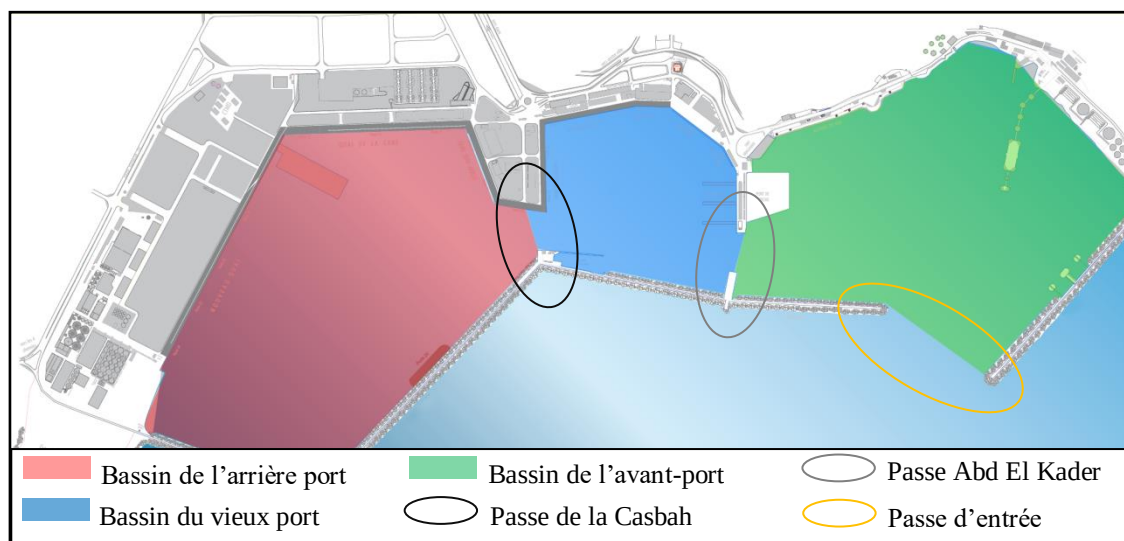


Figure 34 : Carte des infrastructures du port

Source : <https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf> / Auteurs

- **Bassin de l'avant-port** : d'une superficie de 75 Hectares, il est accessible par la passe de l'entrée large de 110m et son tirant d'eau varie entre 10 et 13 m. Ce bassin est destiné à traiter les navires pétroliers.¹⁴
- **Bassin du vieux port** : d'une superficie de 24.75 Hectares, il est accessible par la passe Abd EL Kader large de 125m et son tirant d'eau varie entre 6 et 9 m. Il accueille le port de pêche.¹⁵
- **Bassin de l'arrière port** : d'une superficie de 55 Hectares, il est accessible par la passe d'entrée large de 120m et son tirant d'eau varie entre 10.5 et 12 m. C'est le port marchand de la ville de Bejaia.¹⁶

¹⁴<https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf>

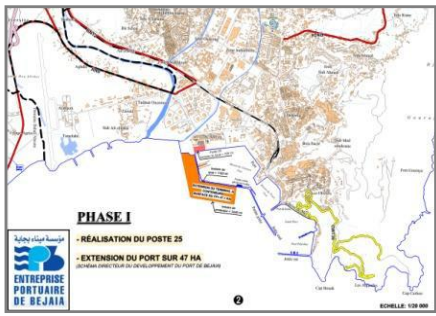
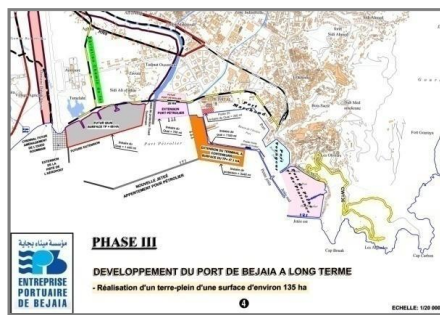
¹⁵Ibid.

¹⁶Ibid.

I.1.2.2.Stratégies d'orientation

Le port pétrolier étant situé dans une zone touristique et à proximité du parc national de Gouraya présente des risques considérables pour l'environnement et la population en raison du transit de produit dangereux. Il est également à signaler que le port de Bejaïa présente une déficience avérée pour la réception des navires à gros tonnage due à son faible tirant d'eau.

Afin de demeurer dans sa dynamique, la direction du port de Bejaïa a arrêté en matière d'investissements un ambitieux programme pour l'extension du port. A cet effet, une étude du plan directeur du port de Bejaïa a été élaborée par le BET -LEM- Alger.

Phase I	Phase II
- Réalisation du poste 25 - Extension du port sur 47 HA	- Création d'une nouvelle jetée pour appontement pétrolier - Réalisation d'un terreplein d'une surface d'environ 135 ha.
 Figure 35 : Carte de la phase I du développement du port Source : EPB	 Figure 36 : Carte de la phase II du développement du port Source : EPB

I.1.3. Etude du contexte réduit

Notre choix s'est porté sur le quai de la casbah qui se trouve entre le bassin du vieux port et le bassin de l'arrière port. Sa position en avant plan de la façade maritime de la ville lui confère un potentiel marquant qui justifie notre choix.

I.1.3.1.Situation et limites

Notre assiette se situe au sein du port de Bejaia entre le bassin du vieux port et le bassin de l'avant-port. elle est delimitée par :

- Le rondpoint du port au Nord-Ouest ;
- Le quais de la casbah au Nord Est ;
- Le quais de la passe au Sud Est ;
- Le quais Sud Ouest au Sud Ouest.

Elle est directement accessible depuis le carrefour du port.

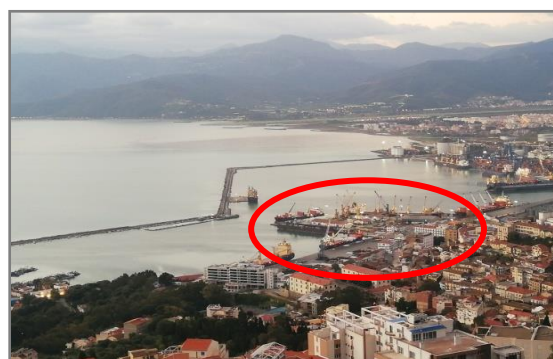


Figure 37 : Assiette d'intervention
Source : Auteurs

I.1.3.2. Morphologie de l'assiette

I.1.3.2.A. Forme

L'assiette se caractérise par une forme trapézoïdale d'une superficie de 55008m².

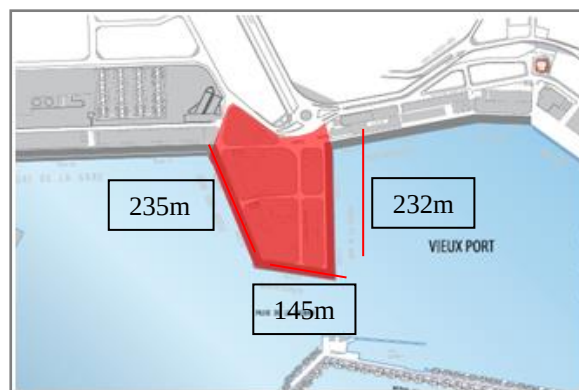


Figure 38 : Forme de l'assiette d'intervention

Source : <https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf> / Auteurs.

I.1.3.2.B. Nature du sol

Il s'agit d'une plateforme en béton coulée sur un enrochement de schiste et micaschiste. Cela constitue une contrainte car en l'état, la portance du sol ne permet pas d'édifier un projet d'envergure.

Cependant des solutions techniques existent dont la technique de reconstitution du sol par colonnes ballastées.



Figure 39 : Nature du sol de l'assiette d'intervention

Source : Auteurs

I.1.3.3. Potentiel paysager de l'assiette

I.1.3.3.A. Les vues panoramiques

Notre parcelle d'intervention occupe une situation stratégique et recèle une richesse paysagère exceptionnelle. Depuis notre terrain nous avons une vue dégagée à 360 et nous pouvons admirer des sites emblématiques de la ville de Bejaia. En plus de se trouver au pied de la casbah, nous pouvons également apercevoir la place Gueydon, le mont Gouraya, le fort Abd El Kader et admirer la façade maritime de la ville de Bejaia. D'autre part, que l'on aborde Bejaia par voie marine, aérienne, ou que l'on se promène sur ses hauteurs, notre site se distingue en permanence du paysage. Cela procurera une forte perceptibilité à notre projet.

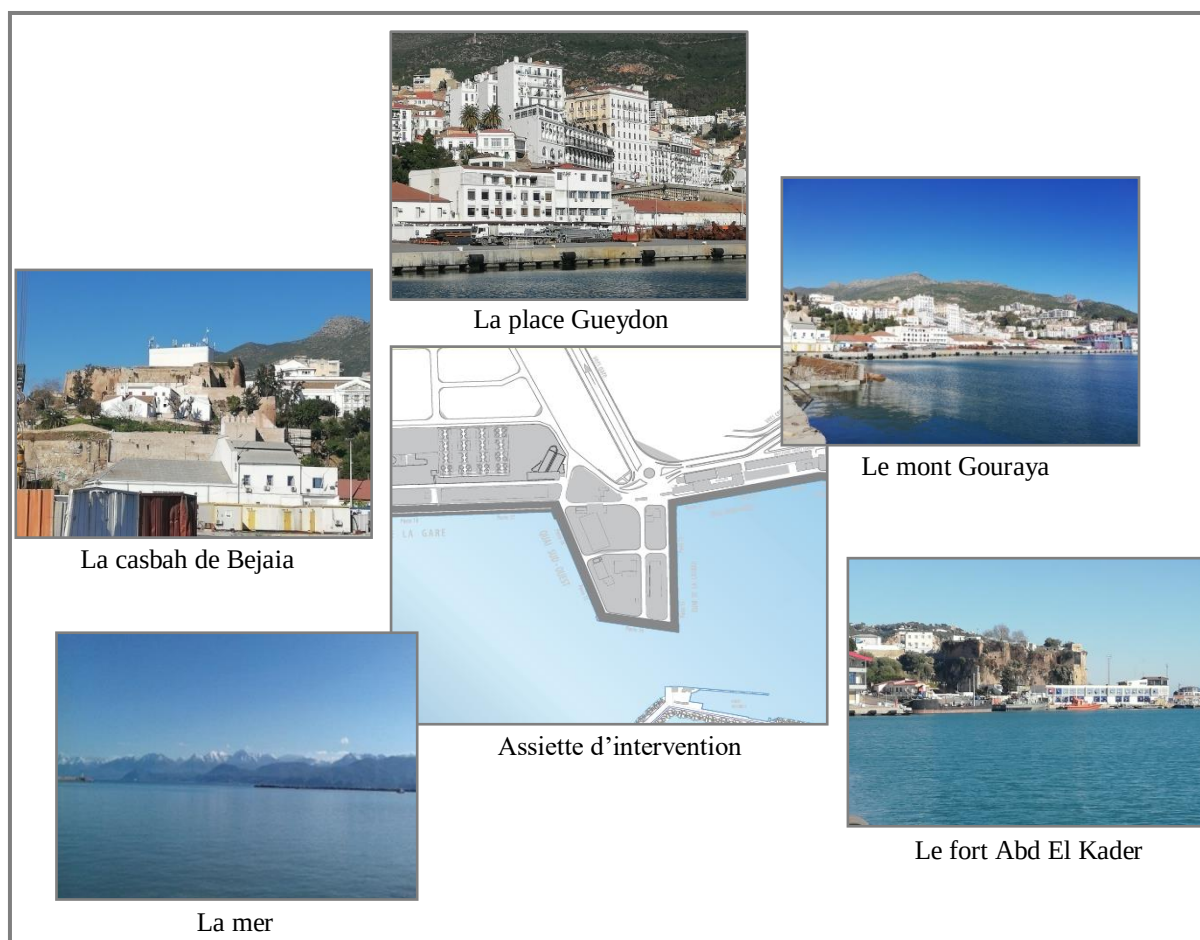


Figure 40 : Carte des vues panoramiques de l'assiette d'intervention
Source : <https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf> / Auteurs

I.1.3.3.B. La façade maritime de Bejaia



Figure 41 : Façade maritime de la Ville de Bejaia
Source : <https://www.lematindz.net> / Auteurs

Perçue depuis la mer, on remarque une ville qui s'agrippe sur le relief naturel, caractérisée par l'équilibre entre les différents éléments du paysage à savoir la mer, le bâti et la montagne;

- **Premier plan** : la mer ;
- **Deuxième plan** : Il s'agit de l'interface ville/mer. Elle est constituée d'immeubles néoclassiques du XIX siècle de style haussmannien. Présentant un balcon panoramique urbain ;
- **Troisième** : Constructions plus au moins imposantes incluant le noyau historique de la ville de Bejaia ;
- **Arrière-plan** : Paysage de montagne comprenant le mont GOURAYA;
- **Couleurs** : Vert, bleu, blanc, beige, clarté des couleurs.

I.1.3.4. Etude du microclimat

I.1.3.4.A. Ensoleillement

Suite à l'interprétation des données climatiques et du diagramme psychométrique de GIVONI, nous constatons que la période s'étalant de décembre à février est la plus froide de l'année et donc celle où les apports solaires sont le plus préconisés.

Orientée sud-est et en l'absence de tout obstacle, notre assiette profite d'un ensoleillement optimal durant cette période.



Figure 42 : Diagramme solaire de l'assiette
Source : <https://www.sunearthtools.com>

Les apports thermiques de notre assiette sont amplifiés par la réflexion des rayons solaires sur l'eau de mer dont l'albédo varie de 0.05 à 0.15. Ce phénomène constitue un atout en période hivernale où les apports solaires sont recherchés. Cependant, il constitue, en période estivale, une véritable contrainte qu'il faudra prendre en charge.

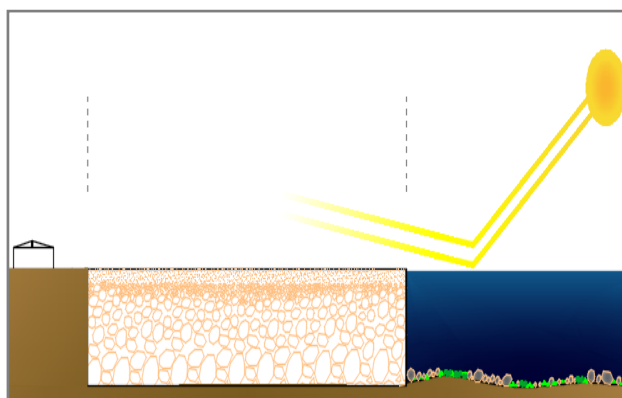


Figure 43 : Coupe schématique des apports solaires de la parcelle
Source : Auteurs

I.1.3.4.B. Vents

Les vents dominants dans notre assiette d'intervention proviennent de l'Est et du Nord Est en été et d'Ouest à Nord-Ouest en hiver.¹⁷ Le phénomène de brises marines constitue une source supplémentaire de vents auxquels est exposée notre parcelle.

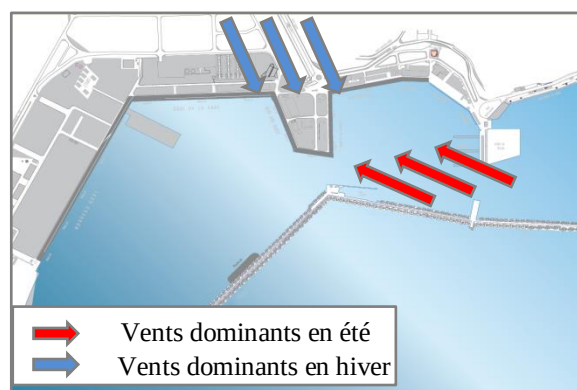


Figure 44 : Carte des vents dominants de l'assiette

Source : <https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf> / Auteurs

Pendant le jour, la terre absorbe la chaleur émise par le soleil rapidement et réchauffe l'air au-dessus d'elle. Par contre, le rayonnement solaire sur la mer est absorbé plus lentement à cause de la capacité thermique supérieure de cette dernière. L'air au-dessus de la terre en se réchauffant s'élève par convection et crée une zone de basse pression locale. Un appel d'air se produit donc pour le remplacer et c'est de la mer plus froide qu'il provient.

I.1.3.4.C. Humidité

Lorsqu'une masse d'air chaud et humide se déplace sur une surface relativement froide. La base de cette masse d'air se refroidit au contact de la surface froide et ce refroidissement se propage sur une certaine épaisseur. Le refroidissement entraîne la condensation de la vapeur d'eau en minuscules gouttelettes maintenues en suspension par la turbulence et le vent léger. Ce phénomène concerne surtout la frange littorale et induit une augmentation brutale et considérable de l'humidité et une chute des températures.

Notre site se distingue par sa situation particulière à l'interface entre la mer et la terre qui crée un microclimat particulier dot chaque paramètre est amplifié. Nous avons établi à cet effet une stratégie d'action qui consiste à se protéger de l'humidité qui est accru par le phénomène du rouillarde d'advection, profiter des vents dominants d'été améliorés par les brises marines et enfin contrôler l'ensoleillement intensifie par la réflectivité de l'eau.

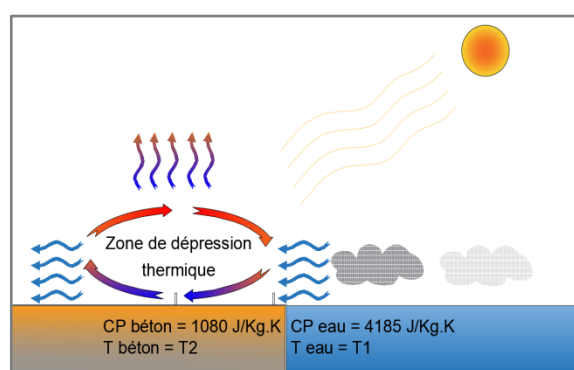


Figure 45 : Phénomène de brise marine et du brouillard d'advection

Source : Auteurs

¹⁷<https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf>

I.1.3.5.Synthèse (Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces)

	Atouts	Faiblesses	Opportunités	Menaces
Structure naturelle	-Il se trouve dans une région touristique importante qui possède des paysages naturels exceptionnels. -La position stratégique dans la ville, ouverture sur la mer. -La topographie du site (en forme d'un amphithéâtre ouvert sur la mer et la zone portuaire comme une scène pour l'arrière-plan). -La présence du mont Gouraya qui lui offre une protection contre les vents dominants du Nord.	-Zone au potentiel non exploité (pratiquée plus par des machines que par l'homme). -Le taux d'humidité est très élevé. -Le quartier est exposé aux vents Est. - La pollution de l'air. -Richesses naturelles non exploitées.	-Les atouts naturels (la mer, des vues vers Gouraya) peuvent être des potentielles opportunités de développement touristique -Potentiel touristique: la présence de la richesse naturelle (la mer)	-Menace d'équilibre écologique et environnementale (pollution de l'eau et de l'air) -Une zone industrielle polluante et à haut risque (positionnée à côté du noyau historique)
Structure socioéconomique	-Vocation économique dominante vu la présence des activités portuaires au niveau du port. -La proximité de l'aéroport Abane Ramdane. -Dominance de la catégorie des jeunes. - 90%des habitants sont d'origine de Bejaia. - Le quartier est sécurisé.	- La pollution de l'eau par les déchets de la zone portuaire. - Forte densité de la population. -Négligence des personnes handicapées (absence des rampes).	-La dominance de tranche de jeune. -Le taux de chômage est moyen est de 12%.	-Pollution due au comportement des habitants. -Les nuisances sonores dues au passage d'un gazoduc le long du port qui présente un risque sur les habitants.
Mobilité	-Une bonne accessibilité -Le quartier offre de nombreuses places (espaces de communication sociale).	- La non matérialisation des nœuds et la non animation des voies. - Un flux important (convergence de plusieurs voies) -Absence des rampes (pour la circulation des personnes à mobilité réduite. -Manque des aires de stationnement et des espaces verts, jardins. -Manque d'entretien et d'aménagement des places. - L'absence de continuité visuelle puisque toutes les voies sont parallèles à la mer.	-Diversité des moyens de transport en le renforçant par le réseau ferroviaire, aéroport et transport maritime	-Le stationnement dans les impasses gênant les interventions de secours.
Structure urbaine	- Le quartier situé dans le chef-lieu de la willaya. -Ensemble urbain classé secteur à sauvegarder.	-La zone portuaire constitue une barrière à la mer. - Manque d'infrastructures touristiques. -Noyau historique et patrimoine négligés. -Absence de l'articulation ville-port	-Potentiel économique : la présence du port. -La récupération du foncier portuaire permet de créer des zones culturelles pour redynamiser la baie et renforcer la relation avec le centre historique. -Potentiel culturel et historique: la présence des vestiges.	-Effondrements du patrimoine bâti -Présence d'infrastructure portuaire.

I.2. Étude d'impact environnementale

Le progrès technologique n'est pas une fin en soi quand la qualité de vie du citoyen est menacée, il est certain que les effets des activités humaines sur les principales composantes du milieu naturel conduisent fréquemment à la rupture d'équilibre. La multitude des actions nocives de la société humaine sur les divers écosystèmes a atteint à notre siècle une ampleur inquiétante qui nous dicte une nécessité impérieuse de repenser l'interaction homme – nature.

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est un processus qui, au tout début de la planification, cerne et évalue les risques d'incidences environnementales découlant d'un projet prévu. L'EIE établit les mesures qui peuvent être adoptées pour contrer les effets environnementaux négatifs ou pour les réduire à des niveaux acceptables au préalable.¹⁸ L'EIE représente donc une approche proactive et préventive en matière de gestion et de protection environnementales. Les thèmes de l'environnement à prendre en compte sont la faune et la flore, les sites et les paysages, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, la protection des biens et du patrimoine culturel, la commodité du voisinage, l'hygiène, la sécurité, la salubrité publique et la santé.

I.2.1. Etat des lieux

Environnement naturel	Environnement bâti	Activité	Pollution
La zone d'étude est une zone portuaire qui n'abrite pas d'espaces qualifiables de milieux naturels. La diversité faunistique du site est très limitée, tant en termes de nombre d'espèces que de valeur écologique de celles-ci.	Notre assiette comporte les bureaux de la DDD, un poste de police avancé ainsi que plusieurs Hangars de stockage vétustes.	Notre assiette est caractérisée par l'activité portuaire qui consiste principalement en l'entreposage des marchandises. Le site est ainsi plus pratiqué par les engins que par les Hommes.	Marine : les bassins du port sont fortement pollués en hydrocarbures par les rejets des navires Sonore : les différentes activités portuaires sont à l'origine de nuisances sonores.

¹⁸<https://www2.gnb.ca>

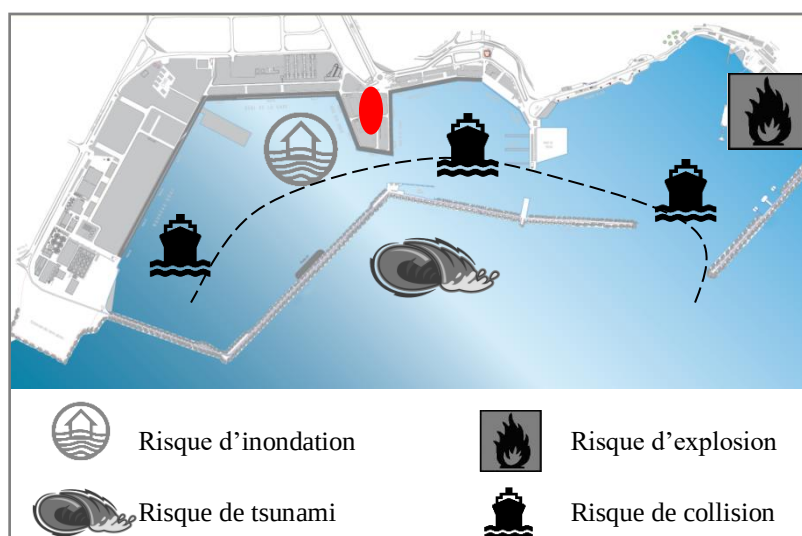


Figure 46 : Carte des risques du site d'intervention

Source : <https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf> / Auteurs

Notre site est exposé à des risques naturels immuables dus à sa situation et des risques anthropiques imputables à l'activité portuaire qui s'y déroule.

- **Risques naturels :** bien que la jetée artificielle protège le port des tsunamis, il reste cependant vulnérable aux inondations en cas d'amplitude de marée trop importante ou de montée du niveau de la mer qui pourrait être naturelle ou due au trafic maritime.
- **Risques anthropiques :** notre site est exposé au risque d'explosion et d'incendie que pourrait entraîner l'activité du port pétrolier. Le risque de collision est également présent et serait susceptible de provoquer des dommages considérables vu le tonnage des paquebots qui naviguent dans le port.

I.2.2. Choix de la thématique

L'analyse du contexte global effectuée en amont nous a permis de constater que la ville de Bejaia recèle une importante richesse naturelle à travers ses sites pittoresques ainsi que sa faune et sa flore endémiques. Cependant, cette richesse est aujourd'hui menacée par les pratiques irresponsables de la population locale ainsi que des touristes. Il est donc nécessaire d'agir afin d'éviter un drame écologique irréversible. La protection de ce patrimoine naturel doit nécessairement passer par la sensibilisation, l'éducation et la vulgarisation scientifique au grand public. C'est dans cette optique que nous proposons un centre océanographique qui, projeté sur cette assiette, permettra également de redynamiser la zone portuaire de Bejaia et ainsi remédier à la rupture ville/port dont elle souffre.

I.2.3. Impacts du projet sur l'environnement

Dans un souci de précision et afin de ne négliger aucun détail, nous avons recensé les potentiels impacts du projet sur son environnement durant toutes les phases de sa vie ; autrement dit : en phase de réalisation et d'exploitation.

I.2.3.1. Impacts du projet sur l'environnement en phase de travaux

	Impacts	Mesures
En phase de travaux	- La réalisation du projet va générer un volume non négligeable de déchets : - Déconstruction de chaussées ; - Démolition d'ouvrages d'art et de maçonneries.	- Dans le cadre de l'élaboration de la consultation seront intégrées des prescriptions environnementales sur la gestion des chantiers et la destination des déchets produits.
	- Les terrassements nécessaires à la réalisation de la voirie.	- Les déchets seront concassés et utilisés comme granulats dans la confection des bétons
	- L'action des pluies sur les sols défrichés et terrassés entraîne un phénomène de lessivage. Les eaux de ruissellement sont alors chargées en matières susceptibles de polluer la mer. De plus, l'utilisation de matériel de chantier entraîne la présence inévitable d'hydrocarbures pouvant être source de pollution de la mer.	- Assainissement provisoire du chantier - Décantation des eaux du chantier dans des bassins provisoires équipés d'un système déshuileur - Le ravitaillement en carburant, l'entretien et la vidange des engins sera effectuée sur une aire étanche.
	- Nuisances liées au chantier (bruit, poussières).	- Arrosage de la zone de chantier en période sèche ; - Chantier se déroulant la nuit.
	- Augmentation du trafic de poids lourds ;	- Optimiser le déplacement de poids lourds et engins de chantier.
	- Risque de perturber le trafic portuaire	- Les travaux seront planifiés en collaboration avec l'EPB.
	- Création de postes d'emplois à court et moyen terme dans différents domaines (bâtiment, économie, commerce...)	- Faire appel à la main d'œuvre et aux compétences locales pour réduire le taux de chômage.

I.2.3.2.Impacts du projet sur l'environnement en phase d'exploitation

En phase d'exploitation							
Environnement physique et naturel		Environnement Urbain		Environnement socioéconomique		Environnement énergétique	
Impacts négatifs et mesures d'atténuation							
- Besoins importants en eau de ville pour les besoins sanitaires et en eau de mer pour le renouvellement de l'eau dans les bassins et les aquariums ;	-Prévoir un système de récupération des eaux pluviales ruisselant sur la toiture du projet ; - Afin de limiter les besoins en eau de mer neuve, un système de recyclage des eaux sera réalisé au niveau des bassins ;	- Impact du projet sur la façade maritime de Bejaia ;	-Concevoir le projet de telle sorte à ne pas masquer la façade maritime de Bejaia ;	-Cout de réalisation élevé ;	- Assurer la rentabilité financière du projet grâce à une offre attractive ; - Optimiser l'efficacité énergétique du projet afin de réduire les factures d'énergie.	- Une sur consommation énergétique pour l'ensemble de projet et par conséquence l'augmentation des gaz à effet de serre.	- Implantation et orientation du projet de façon à optimiser les apports solaires ; - Prévoir des dispositifs bioclimatiques passifs pour réduire les besoins énergétiques en termes de chauffage, de ventilation et d'éclairage (serres bioclimatiques ; façade double peau...) ; - Prévoir des dispositifs bioclimatiques actifs (panneaux solaires...) ;
-Rejet des eaux des aquariums dans la mer ;	-Un traitement des eaux de mer « usées » sera mis en place avant rejet dans la mer. Son dimensionnement a été basé sur l'atteinte d'une qualité des eaux de mer compatible avec la pratique de la baignade ;	- Le trafic engendre par le centre (personnel et visiteurs) ne pourra pas être absorbé par les infrastructures existantes ;	-Prévoir un parking d'une capacité apte à absorber l'augmentation de la demande en stationnement ;				
-La fréquentation des visiteurs engendrera une augmentation des déchets produits par le site ;	- Des mesures seront mises en place afin d'assurer la bonne gestion des déchets (tri, collecte et évacuation) ; -Limiter l'utilisation de papier par une billetterie électronique.						
Impacts positifs et mesures de renforcement							
-Promotion des écosystèmes marins, terrestres et lacustres de la ville et protection de la biodiversité locale ;	-Intégration d'un centre de recherche scientifique pour la protection des écosystèmes ;	-Rétablissement de la relation entre la ville de Bejaia et la mer ;	- Prévoir des espaces de loisir et d'accompagnement ;	-La création d'emplois à long terme.	-Favoriser la main d'œuvre locale		
				-Impact positif de la valorisation du secteur du tourisme ;			
				-Sensibilisation de la population quant à la nécessité de la protection de l'environnement	- Organiser des journées portes ouvertes, des conférences et des activités pour faire participer le public.		

I.2.4. Impact de l'environnement sur le projet

	Impacts	Mesures
En phase de travaux	- Les risques d'infiltration de l'eau de mer lors de la reconstitution du sol	- Un batardeau sera mis en place jusqu'à la fin des travaux
	- Le trafic portuaire	- Coordination des travaux avec l'EPB
En phase d'exploitation	- L'humidité élevée de l'environnement immédiat de l'assiette ainsi que l'agression des sels marins risquent d'endommager la structure du bâtiment	- La peinture anticorrosion ; - La métallisation du zingage ; - La protection cathodique ; - Les ciments résistants aux sulfates (CRS) - Les ciments à hautes teneur en silice
	- Pollution atmosphérique causée par la zone industrielle.	- Concevoir une façade en dioxyde de titane qui présente la propriété de nettoyer l'air.

L'étude d'impact menée sur notre projet permet de mettre en avant sa faisabilité et son effet positif sur son contexte. Elle permet également de garantir que les impacts négatifs du projet sont gérables et surtout négligeables faces aux impacts positifs qu'il génèrera tant à l'échelle locale sur la ville de Bejaia, sa population et ses richesses naturelles qu'à l'échelle régionale (de la méditerranée) voir mondiale par la sensibilisation à la protection de la biodiversité aujourd'hui menacée.

Conclusion

L'analyse des différents contextes d'intervention nous a permis de relever l'ensemble des potentialités et des carences de la ville de Bejaia. En effet, Bejaia est une ville agréable, riche de son patrimoine bâti, culturel et naturel.

Bejaia ; patrimoine historique : la ville de Bejaïa possède d'important vestiges archéologiques, fruit des influences accumulées sur 2 000 ans d'histoire des civilisations qui y ont séjourné.

Bejaia ; patrimoine naturel : le parc national de Gouraya avec ses sites pittoresques et sa riche biodiversité constitue une aire littorale protégée, qui a été classée par l'UNESCO « réserve de biosphère mondiale »

Bejaia ; pôle touristique : Avec sa façade maritime de plus de 100 kilomètres, Béjaïa renfermant une multitude de plages et de sites féériques recevant des millions de touristes et de vacanciers chaque été

Cependant, ce patrimoine fait également l'objet d'un enjeu car menacé à long terme. En effet, le manque de prise en charge de ces richesses entraîne inévitablement leur dégradation. D'autre part, l'analyse du contexte nous a permis de constater une rupture entre la ville de Bejaia et la mer.

Dans une perspective de mise en valeur de ces potentialités qui représentent un atout certain pour l'épanouissement de la ville et dans le but de combler les carences relevées, nous avons abouti au choix d'une thématique appropriée. Un complexe muséal océanographique, par ses fonctions d'exposition et de conservation serait l'équipement idéal pour répondre à cette problématique. Cette hypothèse a été appuyée par une étude d'impact environnementale qui a mis en avant les retombées positives d'un tel équipement sur la ville de Béjaïa.

ANALYSE

THÉMATIQUE

« Si en architecture l'analyse constitue la lecture et la projection, le thème en serait le langage, c'est-à-dire une forme d'expression codifiée mais suffisamment claire pour établir la communication ».

TADAO ANDO

Introduction

Le thème est un élément vital pour l'architecture puisque la création n'émerge jamais du néant. C'est plutôt une continuité d'idées raffinées à travers le temps. Thématiser un objet architectural, c'est éviter à toute création formelle de tomber dans l'impasse de la banalité en n'obéissant qu'à des besoins fonctionnels ou esthétique. Ainsi, la recherche thématique est une phase primordiale attenante à la création du projet. C'est une source de compréhension, d'évaluation et de développement du thème. Il s'agit d'élaborer un socle de données déterminant les besoins de la thématique ainsi que les activités qui s'y déroulent et les types d'espace qui s'y adaptent. Ces notions nous serviront d'outils de départ à la conception de notre projet.

Dans une première partie de ce chapitre, un état de l'art nous fournira l'assise théorique nécessaire pour aborder notre thématique générale traitant d'environnement et de développement durable. Une seconde partie sera consacrée à la définition des notions théoriques fondamentales pour une meilleure maîtrise de notre thématique spécifique en termes de fonctionnements, mécanisme, nécessité spatiale et esthétisme. Il s'agira donc d'abord d'introduire les notions de muséologie et d'océanographie pour aboutir à la définition d'un complexe muséal océanographique et de définir son principe, ses composantes ainsi que ses exigences. Enfin une analyse d'exemples nous permettra d'enrichir nos acquis théoriques par des référents concrets.

II.1. Corpus théorique

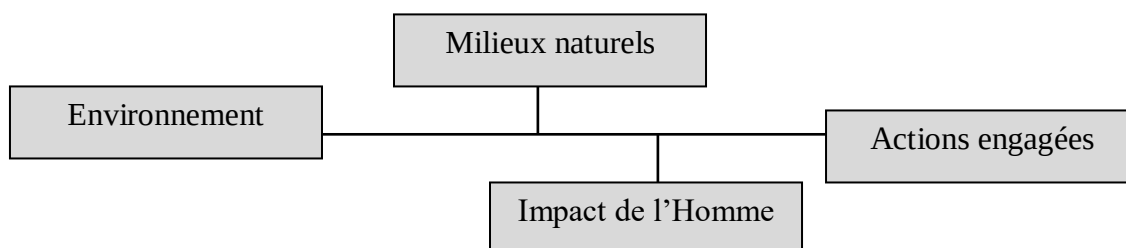
La notion d'environnement, puis celle de développement durable sont des notions récentes, très en vogue depuis quelques dizaines d'années compte tenu des enjeux écologiques mondiaux. Elles font actuellement partie des expressions de la vie courante, aussi bien sur la langue que dans les écrits des gens de la communication. Ces deux notions sont introduites dans la politiques de la quasi-totalité des pays du monde et ont fini par devenir une partie intégrante de nos enseignements et ce, à partir de l'école primaire.

II.1.1. La notion d'environnement

L'environnement peut être défini comme « l'ensemble des éléments (biotiques ou abiotiques) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins »¹.

¹ <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/environnement>

Avec les enjeux écologiques actuels, le terme environnement tend de plus en plus à prendre le sens d'environnement naturel et englobe aujourd'hui l'étude des milieux naturels, les impacts de l'homme sur l'environnement et les actions engagées pour les réduire.



II.1.1.1. Les milieux naturels

Un milieu naturel est composé d'êtres vivants, la biocénose, et du milieu, physique dans lequel ils évoluent, appelé le biotope. L'ensemble, désigné par le terme d'écosystème, est un équilibre qui résulte d'interactions entre ces deux composantes.

- **Le biotope** est un "lieu de vie" relativement stable identifié par un certain nombre de caractéristiques géologiques, géographiques et climatologiques qui vont déterminer les conditions de vie des êtres qui y vivront ;
- **La biocénose** est l'ensemble des êtres vivants coexistant dans un espace défini (le biotope), ainsi que leur organisation et leur richesse spécifique. On a l'habitude de diviser la biocénose en deux : la phytocénose, qui regroupe les espèces végétales et la zoocénose, qui regroupe les espèces animales.

La biodiversité, contraction de « diversité biologique », est une expression désignant la variété et la diversité du monde vivant. Elle est habituellement subdivisée en trois niveaux :

- **La diversité génétique** : elle se définit par la variabilité des gènes au sein d'une même espèce ou d'une population ;
- **La diversité spécifique** : correspond à la diversité des espèces ;
- **La diversité éco systémique** : qui correspond à la diversité des écosystèmes présents sur Terre, des interactions des populations naturelles et de leurs environnements physiques.

Le concept de biodiversité a conduit à donner une portée plus générale au discours sur les espèces menacées. Il ne s'agit plus seulement de pointer les risques de disparition de quelques animaux emblématiques mais de percevoir la crise de l'environnement dans sa globalité. Les liens entre perte de biodiversité et changements climatiques sont souvent utilisés en exemple de conséquences globales d'une perturbation des cycles de la nature.

II.1.1.2. Les impacts de l'homme sur l'environnement

L'idée d'une dégradation de l'environnement est devenue largement majoritaire en ce début de siècle. Plus qu'une idée, les faits démontrent que l'évolution de l'environnement est représentative d'une dégradation des milieux naturels, imputable à l'activité humaine.

II.1.1.2.A. La pollution

La pollution est un sous-produit de l'activité humaine qui peut être définie comme toute « Introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substance ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptible de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques, ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier ».²



Figure 1 : Pollution de l'environnement
Source : <https://emagen.com.mx>

II.1.1.2.B. La surexploitation des ressources naturelles

La surexploitation est une notion utilisée en Sciences de l'Environnement et dans l'économie du développement durable pour désigner le stade où un prélèvement de ressources naturelles, difficilement ou coûteusement renouvelables dépasse le stade du renouvellement.³



Figure 2 : Surexploitation des ressources
Source : <https://fr.depositphotos.com>

II.1.1.2.C. Le réchauffement climatique

Le réchauffement climatique est défini comme l'augmentation de la température moyenne à la surface de la planète. Il est dû aux gaz à effet de serre rejetés par les activités humaines (industrie, transports, agriculture...) et retenus dans l'atmosphère. Au cours du XX^{ème}



Figure 3 : Réchauffement climatique
Source : <http://dominiquegambier.fr>

² Directive Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000

³<https://fr.wikipedia.org/wiki/Surexploitation>

siècle, la température a augmenté de 0,6°C en moyenne. Le réchauffement moyen pourrait atteindre de 1,4°C à 5,8°C de plus d'ici la fin du XXI^{ème} siècle.⁴ Ce que nous ressentons, c'est un air plus chaud à supporter et à respirer (canicule d'été), mais c'est aussi à l'origine des perturbations météorologiques (inondations, sécheresses et catastrophes naturelles à répétition).

II.1.1.2.D. L'élévation du niveau de la mer

L'élévation du niveau de la mer peut être une conséquence du réchauffement climatique à travers deux processus principaux : la dilatation de l'eau et la fonte de glaces terrestres. On prévoit que le réchauffement climatique va causer des augmentations significatives du niveau de la mer au cours du 21^{ème} siècle. Le phénomène est encore plus inquiétant que les prévisions synthétisées par le GIEC : il existe un risque "*faible mais significatif de dépasser deux mètres d'ici 2100*".



Figure 4 : Montée du niveau de la mer
Source : <http://le.monde.de.momo.free.fr>

II.1.1.2.E. La perte des habitats naturels

« Si le réchauffement climatique continu sur ce rythme, un million d'espèces, selon de nombreux écologues, auront disparu d'ici 2050 soit 40 % de la biodiversité mondiale ».⁵

Les changements climatiques constituent aujourd'hui une pression supplémentaire qui menace la diversité biologique. Selon le quatrième rapport du GIEC, les écosystèmes méditerranéens, porteurs d'une biodiversité importante et vulnérable, seraient parmi les plus menacés par l'évolution annoncée du climat. Cela modifie l'équilibre des écosystèmes, les conditions de vie, la reproduction et influe fortement sur des migrations parfois invasives. Tout ceci entraînant la disparition et la dégradation des habitats naturels et l'extinction de nombreuses espèces.



Figure 5 : Perte des habitats naturels
Source : www.contrepoints.org

⁴http://pasteur-col.spip.ac-rouen.fr/IMG/pdf_rechauffement_climat2.pdf

⁵Yannick JADOT

II.1.1.3. Les actions engagées pour la protection de l'environnement

Suite à une prise de conscience de la communauté internationale quant aux désastres environnementaux occasionnés par l'activité humaine, la mise en place de mesures destinées à en réduire les conséquences c'est avéré cruciale. Celles-ci devant privilégier une approche préventive plutôt que curative afin d'agir à la source du problème.

II.1.1.3.A. Le développement durable pour la protection de l'environnement

Le développement durable implique de trouver un juste équilibre entre la nécessité de la croissance et la préservation du milieu naturel en associant des considérations environnementales et économiques aux processus décisionnels. La commission Brundtland postule que le développement à long terme n'est viable

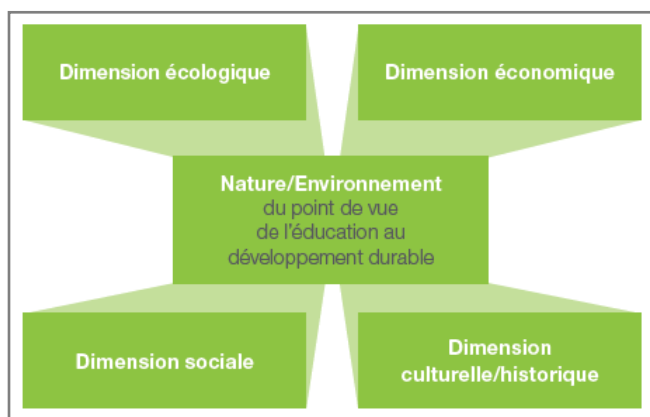


Figure 6 : Schéma du développement durable

Source : <http://www.natureculture.org>

qu'en conciliant le respect de l'environnement, l'équité sociale et la rentabilité économique. Il établit ainsi une définition aujourd'hui partagée par tous de ce que l'on appelle le développement durable : "un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs".

• Les piliers du développement durable

- **Le pilier économique:** L'économie est un instrument au service du développement humain. Par conséquent, le développement durable n'exclut pas la poursuite de la croissance (l'augmentation de la production de biens et de services), pour répondre aux besoins des générations présentes et futures. Toutefois, le développement durable promet une gestion saine et durable, sans préjudice pour l'environnement et le social.
- **Le pilier social :** Le développement durable vise à assurer la cohésion sociale en veillant à la réduction de la pauvreté et des inégalités, au partage équitable des revenus et des services, à une répartition équitable de la richesse en fonction de la contribution de chacun.
- **Le pilier environnemental :** Le développement durable vise la limitation de l'impact des activités humaines sur l'environnement naturel, mais aussi urbain. Il s'agit de préserver les ressources naturelles à long terme en réduisant leur surexploitation, les

nuisances, la défiguration des paysages, l'exploitation des énergies fossiles au profit d'énergies renouvelables. Exemples: la réduction des rejets polluants l'atmosphère, la lutte contre le déboisement et la désertification, la protection de la biodiversité et des forêts, la promotion d'une agriculture respectueuse de l'environnement et de la santé.

- **Le pilier culturel (la culture et la diversité culturelle):** Depuis le Sommet mondial sur le développement durable de 2002, la culture est considérée comme une quatrième composante du développement durable. La culture, dans sa diversité, est une richesse. Il n'est plus possible de concevoir un développement durable qui ne respecterait pas la préservation des libertés et des droits culturels, d'identités, de savoirs, de langues, de modes et de rythmes de développement diversifiés.

II.1.1.3.B. Politique de protection de l'environnement en Algérie

Face à la gravité des problèmes environnementaux, le gouvernement algérien a décidé en 2001 de consacrer une enveloppe financière importante pour atteindre les objectifs inscrits dans le Plan National d'actions pour l'Environnement et le Développement Durable pour une période de dix ans. Suite à cette situation, le secteur de l'environnement connaît actuellement des mutations à travers notamment le renforcement du cadre institutionnel et juridique, et l'instauration de différents programmes environnementaux

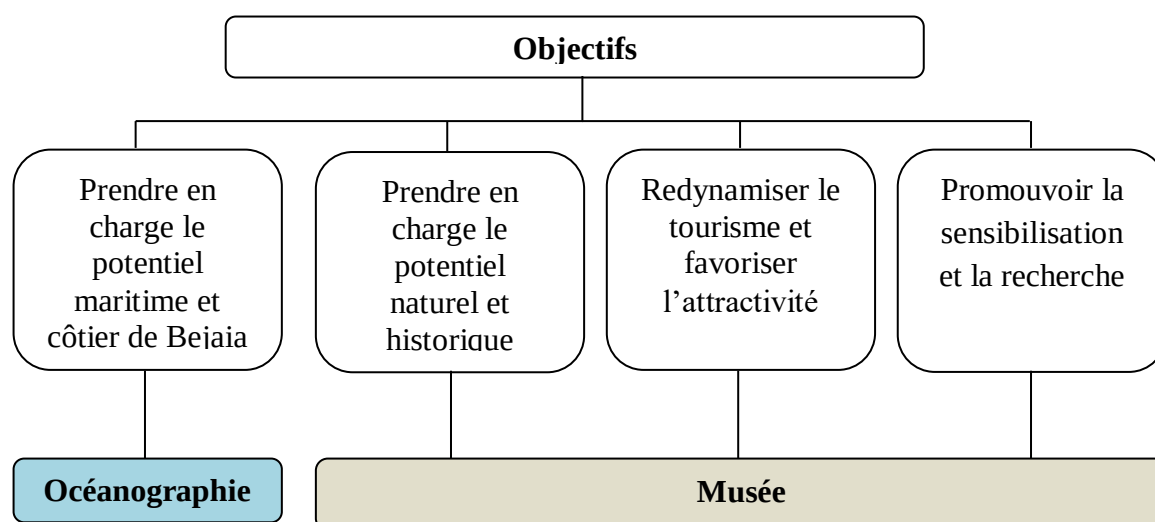
La loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement dispose dans son article premier : « La présente loi a pour objet la mise en œuvre d'une politique nationale de protection de l'environnement tendant à la protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles, la prévention et la lutte contre toute forme de pollution et nuisance, l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie ».⁶

⁶ Cynthia-Yaoute Eid. Le droit et les politiques de l'environnement dans les pays du bassin méditerranéen : approche de droit environnemental comparé.. Université Paris Descartes , Paris, 2007

II.2. Recherche thématique

II.2.1. Choix de la thématique

Le choix de notre thématique qu'est le complexe muséal océanographique émerge du travail effectué en amont. Elle vient en effet apporter une solution aux problématiques formulées et comme moyen d'atteindre les objectifs fixés.



II.2.2. Notion de muséologie

Le musée peut être défini comme :

« Une institution permanente sans but lucratif au service de la société et de son développement ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et immatériel de l'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation». ⁷

En Algérie, selon le décret exécutif « N° 07-160 du 27 mai 2007 fixant les conditions de création des musées, leurs missions, organisation et fonctionnement », est considéré comme musée « toute institution permanente disposant de collections culturelles et/ou scientifiques composées de biens dont la conservation et la présentation revêtent un intérêt public et organisées en vue de la connaissance, de l'éducation, de la culture et de la délectation » (Art.3.) ⁸

⁷<https://icom.museum/fr/activites/normes-et-lignes-directrices/definition-du-musee/>

⁸Journal officiel de la république algérienne N° 36,3 juin 2007, p9

II.2.2.1. Les types de musées

Le musée d'art : Ils regroupent un ensemble d'œuvres d'art (tableaux, sculpture...etc.) ; choisies pour leurs intérêts stylistique, artistique, ou encore montrant les différentes phases de la carrière d'un artiste.

Le musée d'histoire : Il abrite les grandes collections d'éléments réunis autour d'un thème historique représentatif d'une époque, et qui témoignent de l'homme, de son histoire, mais surtout qui cherchent à conserver la mémoire.

Le musée de science : Ce sont des musées didactiques, leurs buts c'est l'instruction. Ils tendent à être des musées interactifs, centrés principalement sur l'expérimentation et la pédagogie, leur objectif est de constituer des centres de cohésion culturelle et sociale.

II.2.2.2. Les composantes de la muséologie

II.2.2.2.A. L'exposition

L'exposition est le moyen privilégié pour faire valoir sa mission et mettre en valeur les objets de sa collection. Elle joue un rôle dans le processus identitaire d'une société. Elle montre et démontre des reflets du passé et des parcelles du présent.

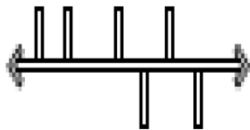
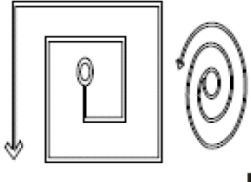
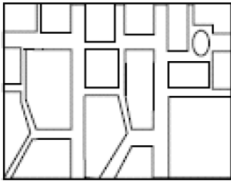
*« Une exposition est une manifestation qui, quelle que soit sa dénomination, a un but principal d'enseignement pour le public, faisant l'inventaire des moyens dont dispose l'homme pour satisfaire les besoins d'une civilisation et faisant ressortir dans une ou plusieurs branches de l'activité humaine les progrès réalisés ou les perspectives d'avenir »*⁹. Dans la plus part des institutions muséales, on trouve deux types d'expositions qui ont des rôles définis dans le processus de communication.

- **L'exposition permanente :** elle propose de montrer une plus grande partie de la collection en brossant un portrait élargi d'une thématique intimement liée à la mission de l'institution. Sa durée de présentation oscille généralement entre de 5 à 10 ans.
- **L'exposition temporaire :** elle propose un sujet plus circonscrit, moins vaste que celui de l'exposition permanente. Elle permet de faire le point sur un pan de l'actualité et favorise l'actualisation de la collection. Elle permet ainsi à l'institution muséale de diversifier les publics et de maintenir l'intérêt des visiteurs. Sa durée varie généralement de 6 à 12 mois.

⁹<https://journals.openedition.org/mediterranee/4444>

II.2.2.2.B. Le parcours

Le parcours est une notion intimement liée au concept d'exposition qui constitue une interface de dialogue entre le visiteur et celle-ci. Il est défini comme le mouvement du corps, le déplacement dans l'espace.¹⁰ Selon leur géométrie et le déplacement des visiteurs dans l'espace ou encore selon l'organisation spatiale de l'exposition, il existe différents types de parcours :

Selon la géométrie			
Type arborescent	Types bloc	Types ruban	Types labyrinthe
 Ce principe fonctionne suivant l'idée d'une de circulation principale avec des secteurs annexes	Cette disposition laisse le libre choix du parcours selon la situation des points d'accès.	 Cette solution permet de guider le visiteur sans qu'il s'en rende compte, mais a pour inconvénient de l'obliger à parcourir toute l'exposition. Il existe : -Le circuit en spirale -Le circuit en ligne brisée -Le circuit rectiligne.	 Les espaces, bien qu'enchaînés les uns aux autres, n'imposent aucune contrainte de circulation au public
Selon l'organisation			
Le parcours thématique : c'est un parcours qui est tracé par rapport à un thème ou à un sujet précis.		Parcours chronologique : c'est un parcours tracé selon le déroulement des événements dans le temps, il est rattaché à l'histoire.	

II.2.2.2.C. L'éclairage

« La lumière est un élément d'architecture actif et calculé. L'éclairage doit être subordonné à l'architecture et intensifier l'expérience des visiteurs qui parcourent l'espace éclairé. »¹¹

¹⁰<https://journals.openedition.org/ocim/1658>

¹¹ Martin LUPTON, Light Collective

L'éclairage d'espaces de musées ou de galeries doit mettre en lumière et souligner la texture, la couleur et la forme des pièces exposées, qu'il s'agisse d'objets historiques, d'œuvres d'art moderne, de tableaux ou de sculptures.

- **Le rôle de l'éclairage en muséologie**

En plus de guider le visiteur, l'éclairage dans un musée doit mettre en valeur les œuvres exposées en créant un effet spectaculaire et une ambiance harmonieuse. L'éclairage est un moyen d'inviter, de sensibiliser et d'attirer le visiteur. Néanmoins, il reste une composante délicate de la muséologie qui nécessite d'être ajustée avec soin. En effet, l'éclairage n'est pas sans risques. D'une part, la présence de rayons UV, rayons très énergétiques, endommagent les objets exposés. D'autre part, La chaleur émise, si trop élevée, dessèche les matériaux organiques et accélère leur vieillissement.

- **Les modes d'éclairage**

L'éclairage naturel correspond à toutes les formes de lumières provenant du soleil, direct et indirect (éclairage direct, rayonnement diffus du ciel). ¹²	
Avantages	Inconvénients
- Eclairage d'ambiance par excellence ; - Amélioration du confort visuel, - Réalisation possible de substantielles économies d'énergie (30 à 50%), - Diminution des quantités de déchets et de pollution.	- Par la présence d'ultraviolets, la lumière naturelle possède des propriétés dégradant plusieurs types de matériaux ; - Elle donne de contrôle sur les options d'éclairage.
L'éclairage artificiel est un dispositif permettant d'émettre de la lumière grâce à la conversion d'électricité en lumière.	
Avantages	Inconvénients
- Il offre plus de possibilité de contrôle ; - Il présente des propriétés moins dégradantes pour les matériaux.	- Impact énergétique et environnemental négatif.

- **Les exigences d'éclairage en muséologie**

- **Le niveau d'éclairement** : Les sources de lumière (tubes fluorescents, lampes à incandescence, lampes à cycle d'iode, spots, lumière du jour contrôlée) et les éclairements, calculés en lux, donnent lieu aujourd'hui à des recommandations précises :
 - **150 à 200 lx pour les objets sensibles**, peintures notamment ;

¹² <https://www.natureetconfort.fr/blog/avantages-eclairage-naturel/>

- **50 à 80 lx pour les très sensibles**, tapisseries, dessins, spécimens d'histoire naturelle, etc. (Il s'agit, remarquons-le, de seuils peu élevés, la lumière du jour normale pouvant dépasser 10 000 lx).
- **Réduire l'ombre portée du visiteur** : des sources d'éclairage placées sur le côté éclairent les œuvres sans former aucune ombre portée sur celle-ci quand l'observateur se trouve en face.
- **Eclairer sans éblouir** : les œuvres exposées sont le plus souvent exposées dans des vitrines. Les sources d'éclairages doivent être positionnées et/ou dimensionnées de manière à éviter la réflexion de la lumière sur le verre.

II.2.3. Notion d'océanographie

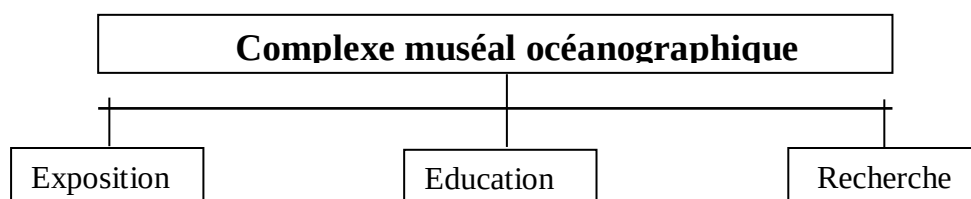
L'océanographie désigne la science qui étudie les propriétés biologiques, physiques et chimiques des eaux et des fonds marins ainsi que leur faune et leur flore.¹³ Elle englobe trois grands domaines d'application :

- **L'océanographie du solide** : elle étudie le relief, la nature et l'origine des fonds océaniques jusqu'aux rivages des continents ;
- **L'océanographie du liquide** : elle a pour objet d'étude les masses d'eaux marines et leur interaction avec l'atmosphère ;
- **L'océanographie du vivant** : elle relève de la biologie, de la biogéographie et de l'écologie. Elle étudie les espèces végétales et animales qui vivent dans la mer.

II.2.4. Le complexe muséal océanographique

C'est un lieu scientifique, chargé de présenter une classification du vivant non-humain, pour lui donner une visibilité, offrir les conditions adéquates pour étudier des spécimens rares, voire établir un espace de protection et de reproduction à des espèces en voie de disparition. C'est, dans le même temps, un lieu de spectacles, conçu pour permettre aux visiteurs de vivre l'expérience d'une immersion dans un milieu inconnu et la possibilité d'une rencontre avec des êtres marins.

II.2.4.1. Les fonctions du complexe muséal océanographique



¹³<https://www.cordial.fr/dictionnaire/definition/oc%C3%A9anographie.php>

II.2.4.1.A. Exposition environnementale

Les musées ont la possibilité de devenir des acteurs clés dans la lutte contre les changements climatiques et pour la protection de l'environnement en mettant en scène des dégradations produites par l'homme. D'après le Conseil international des musées (ICOM¹⁴), ils « peuvent améliorer la prise en compte du développement durable et contribuer à



Figure 7 : Exposition environnementale
Source : <https://www.familiscope.fr>

l'éducation sur les questions des changements climatiques en travaillant avec les communautés et en leur donnant les moyens de provoquer des changements pour garantir une planète habitable, la justice sociale et des échanges économiques équitables à long terme ».

II.2.4.1.B. Education à l'environnement

La conférence de Tbilissi21définit l'éducation à l'environnement comme un intermédiaire, voire même une méthode pour transmettre les valeurs civiques de notre société, qui permet « aux individus de percevoir le caractère complexe de l'environnement. Cette éducation doit en outre faciliter une prise de conscience de l'interdépendance économique,



Figure 8 : Education des enfants
Source : <http://www.fee-mains.fr>

politique et écologique du monde moderne, de façon à stimuler le sens de la responsabilité et de la solidarité entre nation ». L'éducation à l'environnement vise les objectifs suivants :

- Diffuser et faciliter l'accès à une information, compréhensible par tous, sur les enjeux actuels et futurs en matière d'environnement ;
- Susciter et accompagner le partage des savoirs, savoir-faire, savoir-agir et savoir-être dans une perspective socio-environnementale et renforcer la capacité des citoyens à participer de manière individuelle et collective aux enjeux environnementaux.

II.2.4.1.C. La recherche environnementale

Les sciences de l'environnement sont une rencontre de disciplines incluant la politique, la sociologie, l'économie, l'écologie, les sciences de la terre, la géographie, la géologie,

¹⁴International council of museums

la climatologie, la médecine, etc. autour de problématiques environnementales communes. Elle émerge de la nécessité d'intégrer plusieurs approches provenant de différentes sciences sociales et naturelles pour être en mesure de comprendre et de résoudre les différentes problématiques environnementales modernes comme l'injustice environnementale, la perte de biodiversité et les changements climatiques.¹⁵



Figure 9 : Recherche environnementale
Source : <http://www.naturalsolutionsplus.com>

II.3. Analyse d'exemples référentiels

II.3.1. Le grand Nausicaa, centre national de la mer

Le choix de cet exemple ne s'est pas fait de façon aléatoire. En effet, le grand Nausicaa s'insère dans un contexte urbain, économique et environnemental comparable à notre contexte. Au même titre que la ville de Bejaia, Boulogne est une ville côtière délaissée qui a perdu la relation intime avec la mer qui fut à l'origine de sa création et le moteur de son économie. C'est de la volonté de répondre à cette problématique qu'est né le Grand Nausicaa. Le projet est implanté dans une zone portuaire sur un quai de surface presque égale à celle de notre terrain. Enfin, inauguré en 2018, le Nausicaa est un projet contemporain qui intègre les dernières technologies du domaine de la muséologie et de l'océanographie qui alimentera notre créativité.

II.3.1.1. Présentation du projet

Fiche techniques du projet
Nom du projet: Centre National de la mer
Programme : musée océanographique
Architecte: Jacques ROUGERIE
Lieu: Boulevard Sainte-Beuve, Boulogne-sur-mer /France
Année du projet: 19/05/2018
Surface du site: 6.5 ha
Surface du projet : 22 800m ²
Parking : 800 places



Figure 10 : Projet Nausicaa
Source : <https://www.newsriders.net>

¹⁵ Alain LETOURNEAU, La transdisciplinarité considérée en général et en sciences de l'environnement, Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, 5 juin 2008

Nausicaa est l'un des premiers équipements touristiques et culturels qui accueillent un million de visiteurs par an. C'est un équipement qui concourt à l'activité du commerce et de l'économie locale. Le Centre National de la Mer, plus grand aquarium d'Europe, est située au nord de la France, implanté au croisement de la Mer, du port et de la ville. Le projet est constitué de deux entités : une ancienne du côté est construite en 1991 et une nouvelle extension inaugurée en 2018 situé au côté ouest.



Figure 11 : Situation du projet Nausicaa

Source : <https://www.grand-nausicaa.fr>

II.3.1.2. Une forme qui s'intègre au contexte

La composition en courbe du bâtiment répond aux contraintes fonctionnelles et visuelles du site tout en optimisant l'intégration fluide du projet dans ce dernier. La volumétrie générale de Nausicaa prend la forme d'une raie Manta. Cette architecture bionique alliant fonctionnalité et harmonie apporte une réponse originale à la vocation éducative et ludique de l'équipement.



Figure 12 : Raie Manta

Source : www.sciencesetavenir.fr

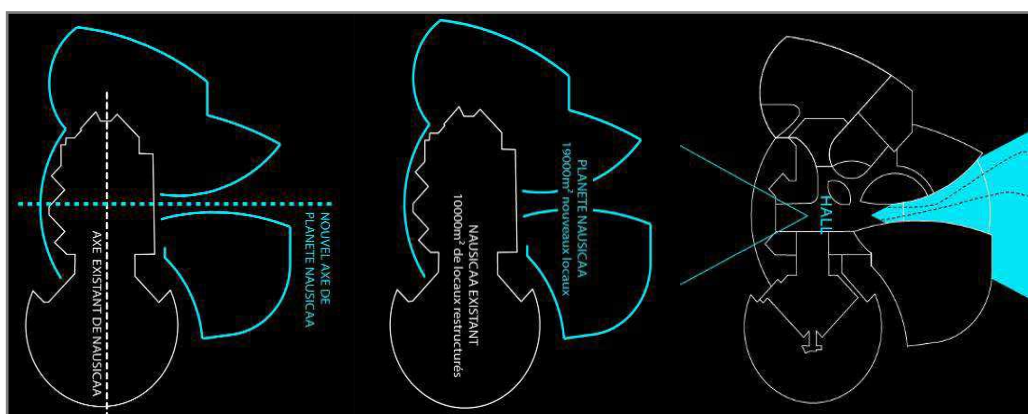


Figure 13 : Principe de conception du Nausicaa

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

La forme du projet s'organise autour d'un axe principal reliant les deux jardins, et se prolongeant vers la mer créant une continuité de cheminement vers le large. Le projet est ainsi constitué de deux nouveaux volumes en forme de coques qui participent pleinement à la

structuration du projet et lui procurent une image volontairement dynamique. La rupture entre ces deux volumes crée une faille ouverte sur le jardin qui invite les visiteurs à pénétrer au cœur du projet. Cette faille permet de prolonger la perspective visuelle jusqu'à la mer.

II.3.1.3. Accessibilité et desserte

La desserte principale du centre National de la Mer Nausicaa est assurée par le Boulevard Sainte-Beuve du côté est et par la Promenade San Martin du côté ouest.

Le projet dispose de quatre accès :

- L'accès principal des visiteurs qui se fait à partir du jardin
- Deux accès de service : un accès depuis le boulevard Sainte-Beuve et un accès depuis le quai des paquebots ;
- Un accès technique pour les livraisons qui se fait depuis le quai des paquebots.

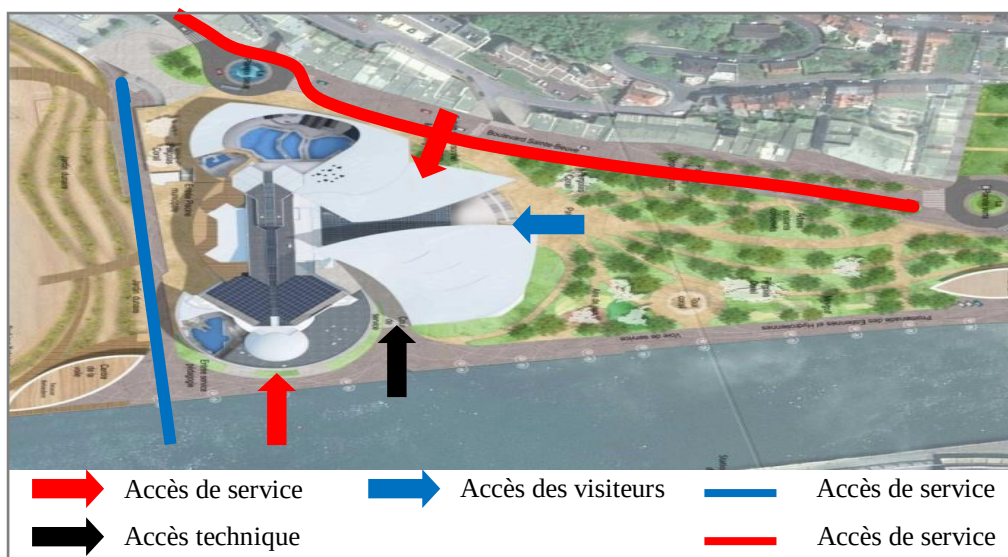


Figure 14 : Desserte du projet Nausicaa

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

II.3.1.4. Analyse des façades

La Façade d'entrée Sud-est : Cette façade est marquée par une vaste entrée largement ouverte avec la création d'un grand parvis côté jardin. Renforcée aussi par la création de zones de gradins successives, permettant aux visiteurs de patienter avant la visite ou de se détendre après.



Figure 15 : Façade Sud-est

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

La façade Nord-est La façade est en recul pour dégager un espace de circulation évitant l'effet d'enfermement du boulevard et de ses usagers. La peau du bâtiment sous forme d'une vêtue d'aluminium perforé vient accorder en courbes souples et de manière fluide les toitures au sol. La création de percements aléatoires dont la perception des différentes séquences varie selon l'éclaircissement et les points de vue.



Figure 16 : Façade Nord-est
Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

II.3.1.5. Analyse fonctionnelle

L'aquarium Nausicaa comporte un riche programme comprenant espaces d'exposition, espaces de consommation et des espaces de vente repartit en six niveaux :

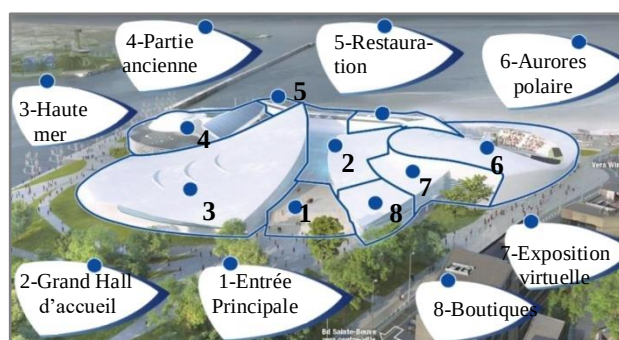


Figure 17 : Programme du projet Nausicaa
Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée



Figure 18 : Niveau 20.5
Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

15-Régie Salle 4D ; 16-Services généraux

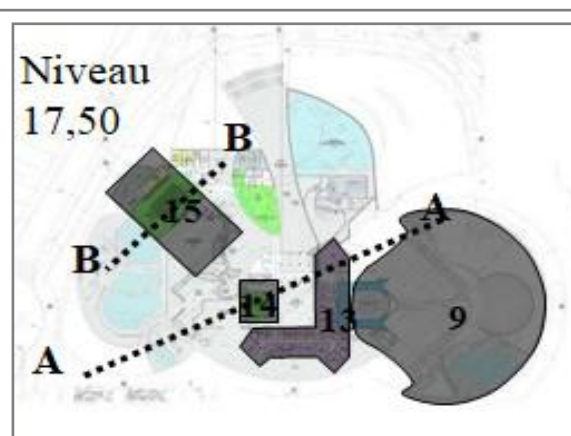


Figure 19 : Niveau 17.5
Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

13-Administration ; 14-Salle de conférence
15-Salle 4d ; 9- Pôle image

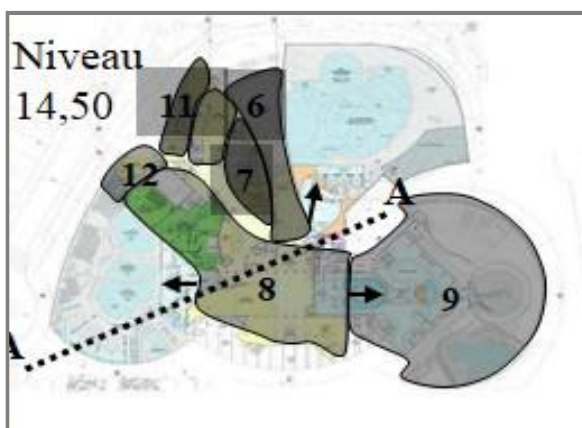


Figure 20 : Niveau 14.5

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

- 6- Hall ; 7- Accueil et réception ;
 8- Exposition temporaire ; 9- Pôle image ;
 10- Boutiques 11-Learning center ;
 12- La médiathèque ;
 → Le départ des boucles de visites.

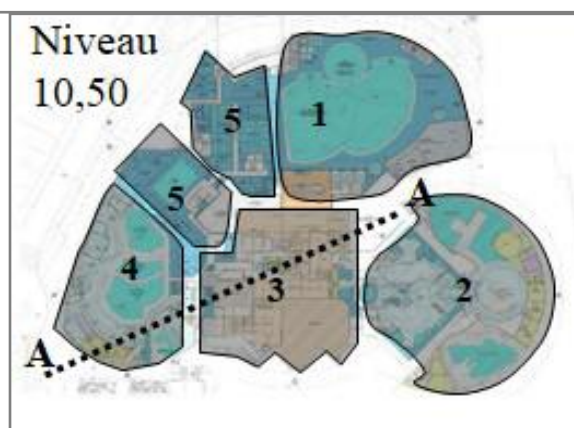


Figure 21 : Niveau 10.5

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

- 1-Vue sur Haute Mer ;
 2- Des rivages et des hommes ;
 3-Locaux techniques ;
 4- Visite Aurores polaires et manchots du cap ;
 5- Locaux logistiques aquariologiques

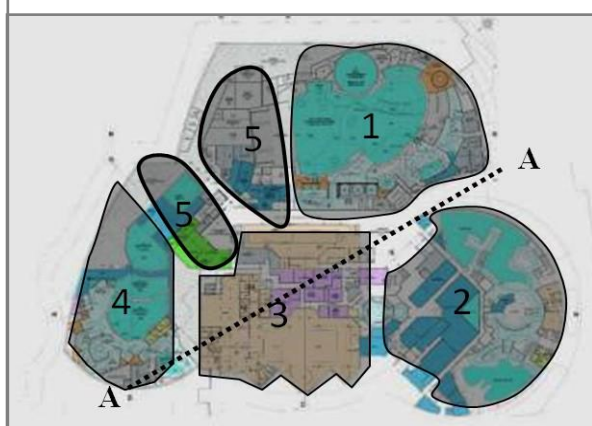


Figure 22 : Niveau 6.5

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

- 1-Visite Haute Mer
 3-Locaux techniques
 4-Visite Aurores polaires et manchots du cap
 5-Accès technique

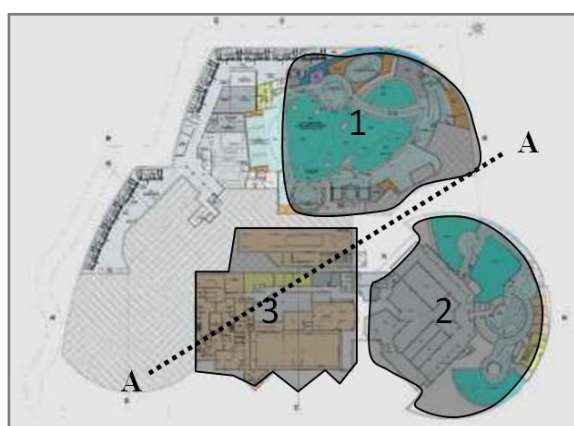


Figure 23 : Niveau 3.5

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

- 1- Visite Haute mer
 2- Des rivages et des hommes
 3- Traitement des eaux et locaux techniques

L'organisation intérieure est à l'image de l'architecture : claire, dynamique et fonctionnelle. Les grands principes fonctionnels retenus sont les suivants :

- Un aménagement intérieur flexible hormis le grand bassin;
- Regrouper les entités fonctionnelles et créer des circulations dédiées afin d'optimiser l'exploitation et éviter des croisements de flux entre visiteurs et personnel d'exploitation.



Figure 24 : Coupe AA

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

Le circuit de visite est en boucle. Il s'enroule en rampe douce autour du grand bassin dans une descente graduelle et continue qui permet de passer du 1^{er} Etage au 3^{eme} Etage. Ce dispositif permet de faire vivre une plongée progressive dans l'équipement.

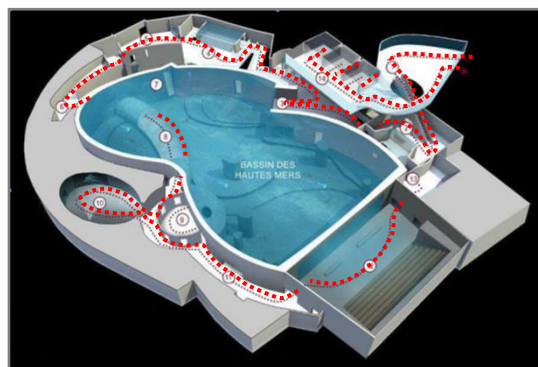


Figure 25 : Parcours du projet

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

II.3.1.6. Ambiances intérieures



Figure 28 : Hall d'entrée

Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée



Figure 29 : Tunnel aquarium

Source : <https://www.q-xx.bstatic.com>

Figure 27 : Exposition

Source : <https://mablogattitude.com>

Figure 26 : Exposition

Source : <http://www.michelredolfi.info>

Un décor immersif et une scénographie spécifique, rehaussée d'animations vidéos sur grand écran, de projections photos, de tableaux permettent une mise en scène immédiate des

thématiques abordées par le centre de la mer ce qui permet de plonger le visiteur, à peine le sas franchi, dans un autre univers. On retiendra également l'utilisation prépondérante de l'éclairage artificiel.

II.3.1.7. Aspect constructif

Le système constructif adopté est une structure mixte alliant poteau-poutre en béton et structure métallique. Cette dernière a été utilisée pour permettre les formes en coque de la toiture.

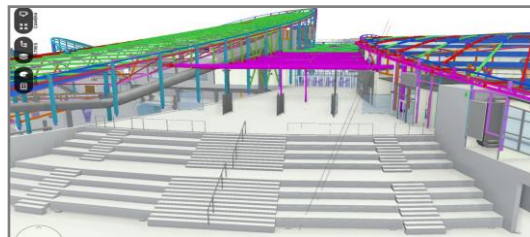


Figure 30 : Structure du Projet
Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

II.3.1.8. Aspect bioclimatique du projet

Le projet intègre les techniques bioclimatiques suivantes :

- Un système de ventilation naturelle du hall ;
- Un aiguillon éolien Conidae ;
- 290m² de panneaux solaires photovoltaïques;
- Un écran acoustique autour du parc des Morses ;
- Un système de récupération des eaux de pluies sur une partie de la toiture ;
- Des « ouïes » permettant le passage de la lumière ;
- Des pergolas en béton dépolluant
- Des arbres éoliens qui protègent des vents et qui produisent de l'énergie
- Un système de gestion des déchets produits par le centre.

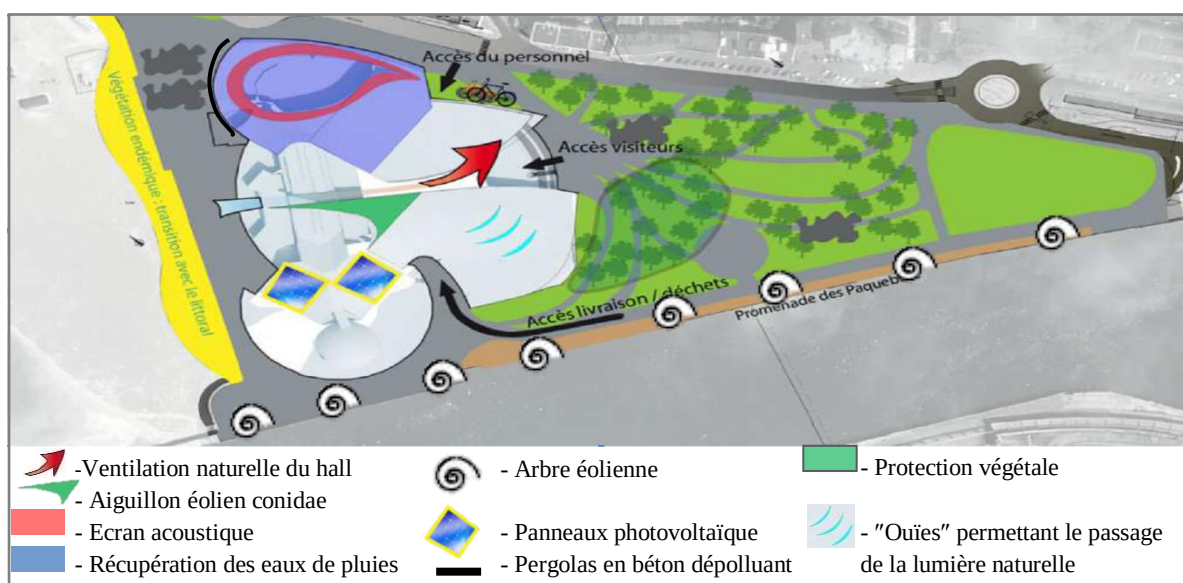


Figure 31 : Plan masse bioclimatique du projet
Source : Dossier d'enquête sur l'extension du musée

II.3.2. Antalya aquarium

II.3.2.1. Présentation du projet

Fiche techniques du projet
Nom du projet: Antalya Aquarium
Architecte: Bahadır Kul Architects
Situation: Antalya, Turquie
Surface du site: 3 ha
Surface du projet : 12000 m ²
Date d'inauguration : 15 août 2012

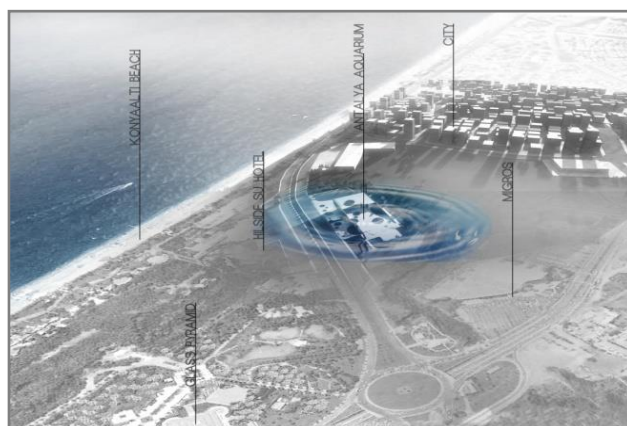


Figure 33 : Situation du projet Antalya Aquarium
Source : <https://www.archdaily.com>

Deuxième plus grand aquarium d'Europe d'une capacité de 7 millions de litres, l'aquarium d'Antalya raconte des histoires du monde entier. L'aquarium d'Antalya réunit l'inspiration, le divertissement et l'éducation. Un tunnel de 131 mètres de longueur et 3 mètres de largeur permet de traverser plus de quarante expositions à l'intérieur de l'aquarium.



Figure 32 : Projet Antalya aquarium
Source : <https://www.archdaily.com>

II.3.2.2. Une forme intégrée à son contexte

Pour concevoir la forme du projet l'architecte part sur une idée de base de renverser la relation entre le niveau du sol et le niveau sous-marin, pour arriver à créer une forme adéquate à la thématique qui s'intègre parfaitement avec la topographie du terrain. Le processus de conception de l'aquarium d'Antalya était centré sur la création d'une silhouette en voie de disparition et d'une harmonie avec la topographie environnante.

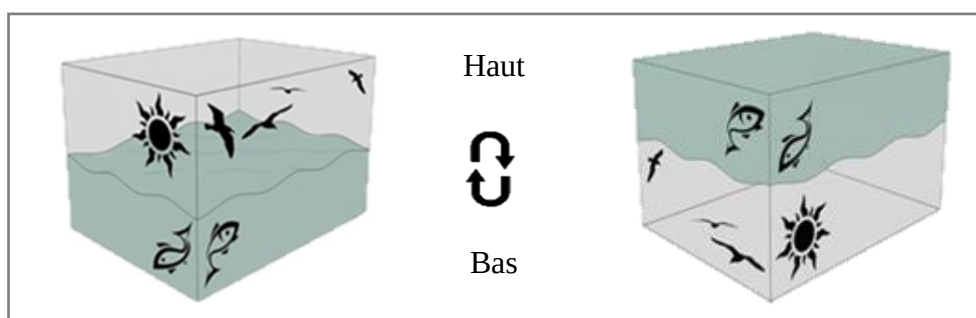


Figure 34 : Idée fédératrice du projet Antalya aquarium
Source : <https://www.archdaily.com>

La forme du projet reflète le désir de ses concepteurs d'avoir voulu créer une silhouette harmonie avec la topographie et qui disparaît dans celle-ci. Une partie du projet se retrouve donc enterrée dans le sol.



Figure 35 : intégration du projet a la topographie
Source : <https://www.designboom.com>

II.3.2.3. Accessibilité et desserte

Le projet est accessible par deux accès mécaniques et un accès piéton.

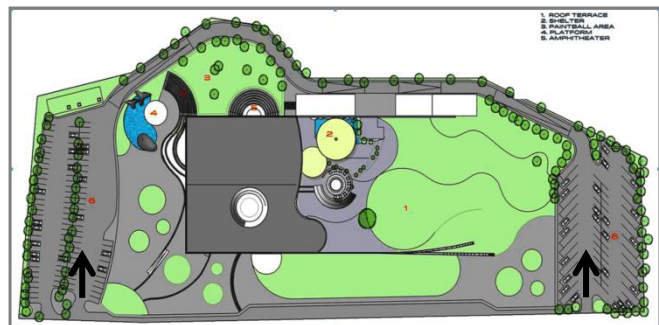


Figure 36 : Accessibilité au projet Antalya aquarium
Source : <https://www.archdaily.com>

II.3.2.4. Analyse des façades

L'enveloppe extérieure est traitée d'une façon à s'intégrer au thème, utilisé des fenêtres en formes de gouttes d'eau et des courbes qui reflètent les vagues de la mer, enterrer une partie du volume permet de renforcer l'idée haut-bas.

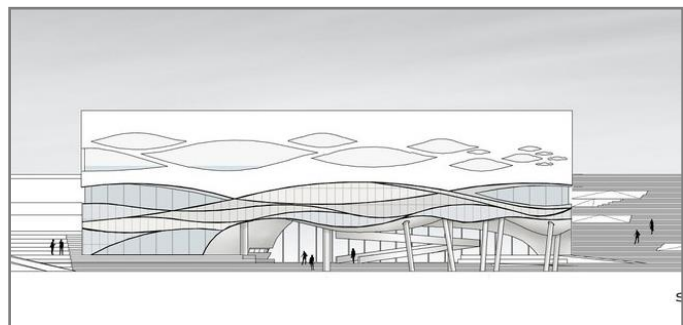


Figure 37 : Façade Sud-ouest du projet Antalya aquarium
Source : <https://www.archdaily.com>

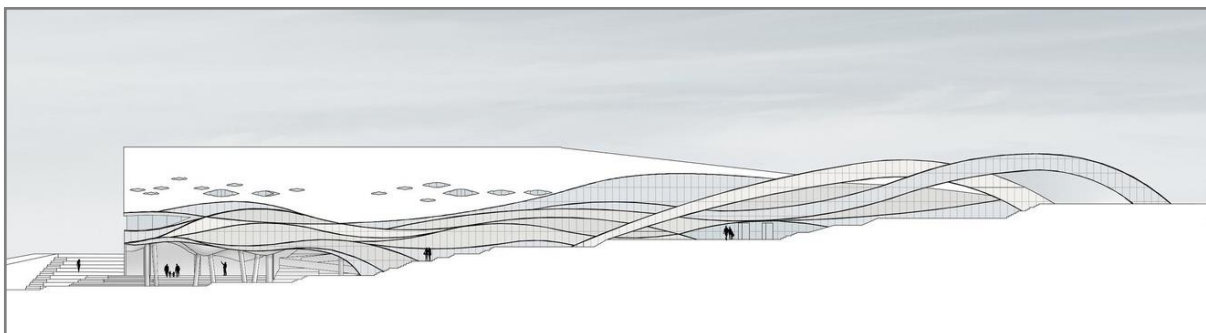


Figure 38 : Façade Sud-est du projet Antalya aquarium
Source : <https://www.archdaily.com>

II.3.2.5. Analyse fonctionnelle

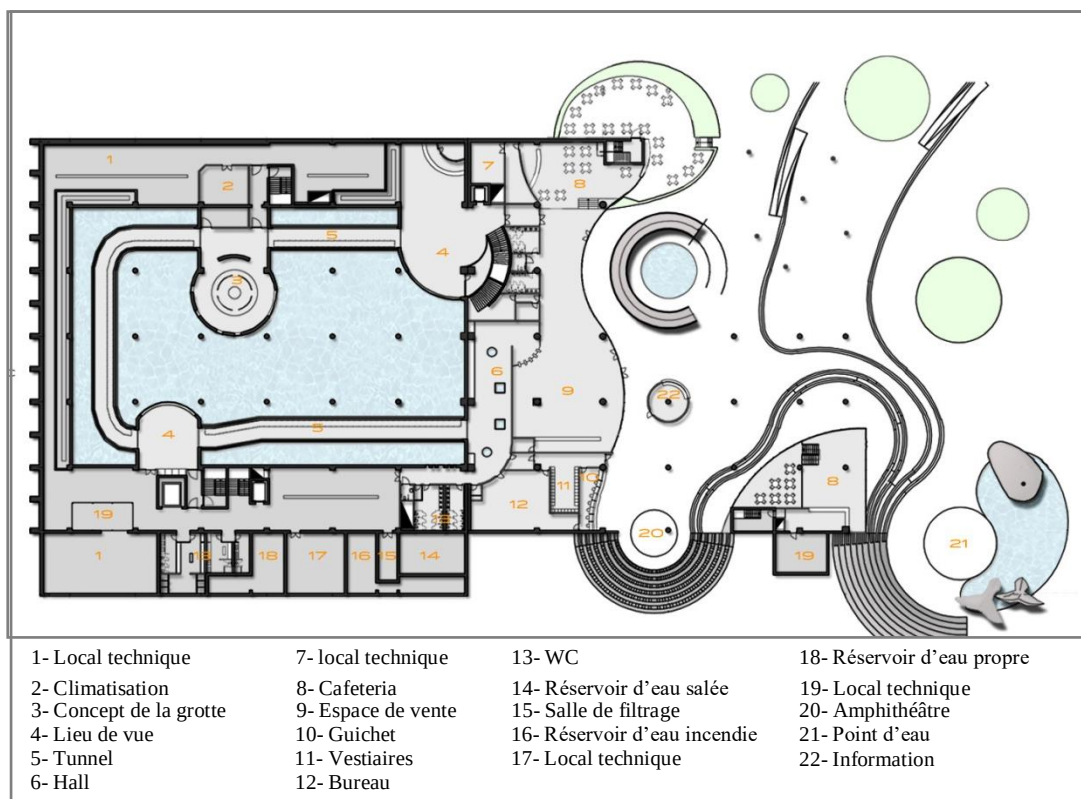
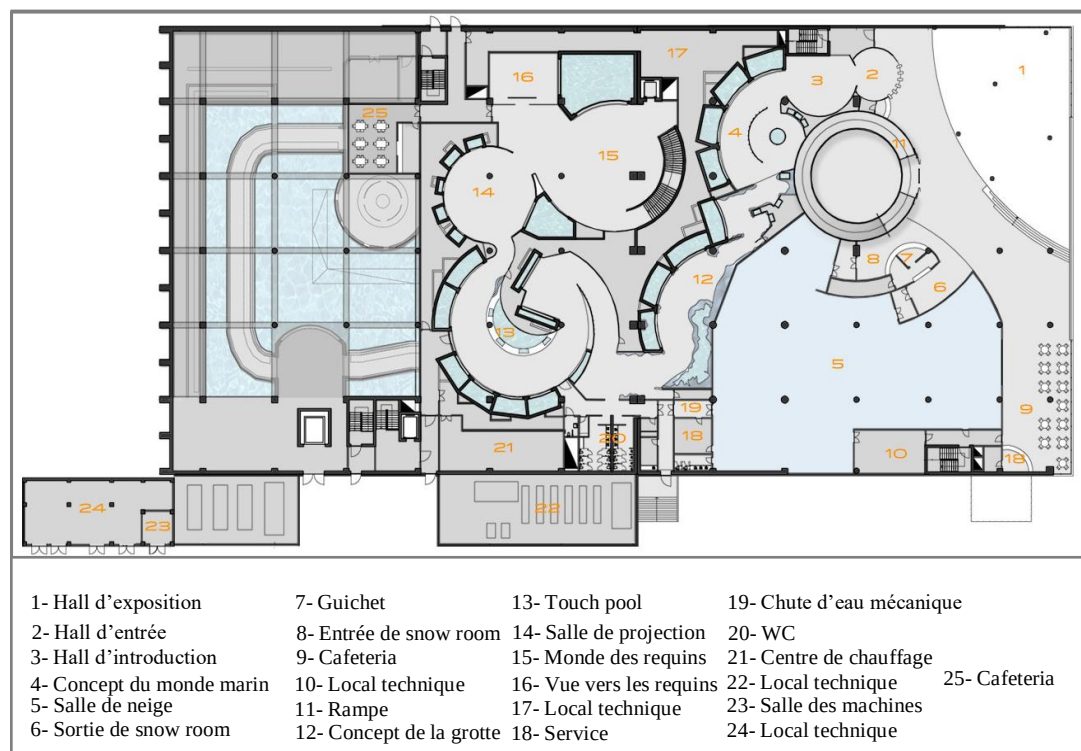


Figure 39 : Plan du RDC du projet Antalya Aquarium

Source : <https://www.archdaily.com>Figure 40 : Plan 1^{er} étage du projet Antalya aquariumSource : <https://www.archdaily.com>

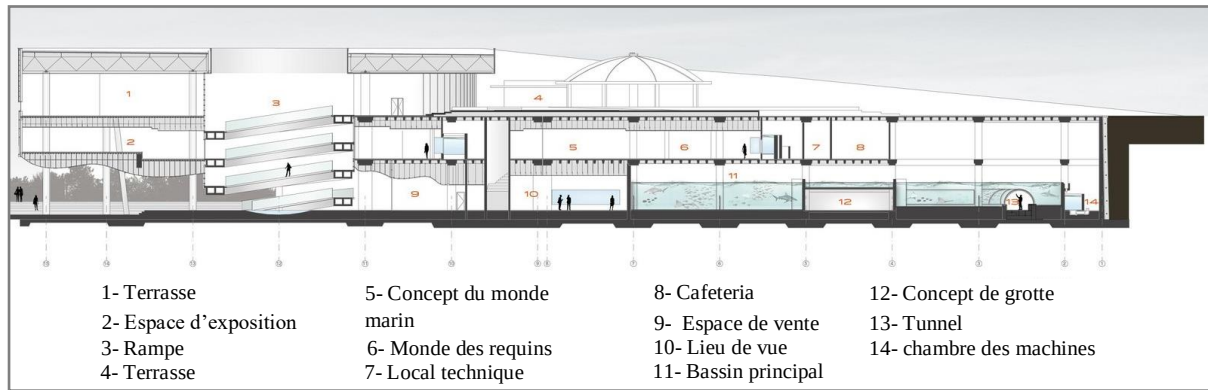


Figure 41 : Coupe longitudinale du projet Antalya aquariums

Source : <https://www.archdaily.com>

On retiendra de l'analyse des différents plans que les locaux techniques sont placés en périphérie du bâtiment pour ne pas gêner le parcours du public.

Le snow world, pour des raisons de réduction des apports internes, est également mis à l'écart.

Les boucles de visite du projet présentent un parcours sinueux fermé, procure une circulation fluide à l'intérieur du bâtiment.

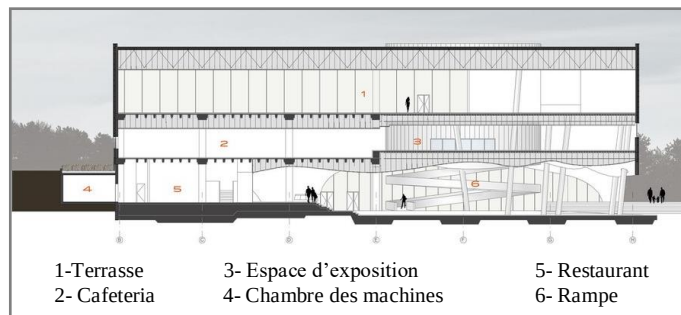


Figure 42 : Coupe transversale du projet Antalya aquarium

Source : <https://www.archdaily.com>

Figure 43 : Parcours du projet

Source : <https://www.archdaily.com>

II.3.2.6. Ambiances intérieures

Les réservoirs d'eau à l'intérieur de l'aquarium sont décorés avec des concepts différents. Il est très agréable de regarder les poissons errer entre des objets décoratifs faisant référence à différentes parties du monde, créant un mystère différent et une excitation inhabituelle.

Figure 44 : Tunnel Aquarium
Source : <https://www.antalyahomes.fr>Figure 45 : Exposition
Source : <https://www.designboom.com>

II.3.2.7. Aspect bioclimatique du projet

II.3.2.7.A. Implantation

L'implantation du bâtiment permet en effet grâce à la partie hypogée de profiter de l'inertie thermique de la terre. Cela permet en été de limiter les apports solaires et en hiver de se protéger du froid réduisant ainsi les besoins en chauffage et en climatisation.

II.3.2.7.B. Forme et orientation

L'espace public ombragé qui a émergé à la suite du retrait de l'élévation au sol du bâtiment constitue un grand point de fraîcheur. Il est situé dans la direction sud-ouest où les vents frais dominants. La volumétrie du projet permet également de créer un espace public ombragé en été du côté sud-est. En hiver la bâtisse forme un masque qui protège les visiteurs contre les vents tout en leur permettant de profiter du soleil de la journée.

II.3.2.7.C. Toiture végétalisée

Le projet intègre une toiture végétalisée qui permet une isolation particulière en été et en hiver. Il fournit la climatisation naturelle aux aquariums et permet de minimiser les effets d'îlot thermique et de préserver l'environnement naturel et la diversité biologique.

II.4. Exigences spécifiques d'un complexe muséal océanographique

II.4.1. Les aquariums

Un aquarium est un réservoir transparent accueillant des animaux et des végétaux qui vivent dans l'eau pour leur élevage et leur culture. Il est équipé d'éléments matériels qui rendent possible la reconstitution des environnements subaquatiques d'eau douce, d'eau de mer ou d'eau saumâtre, afin d'accueillir un écosystème avec des poissons, invertébrés et plantes.¹⁶ Tout aquarium est composé des éléments suivants :

II.4.1.1. Le bac

Elément principal de l'aquarium, c'est un caisson étanche avec une ou plusieurs faces transparentes. Il contient l'eau, les animaux, les plantes, mais aussi la majorité des appareils nécessaire au fonctionnement de l'aquarium. Le sol est habituellement recouvert de graviers fins sur quelques

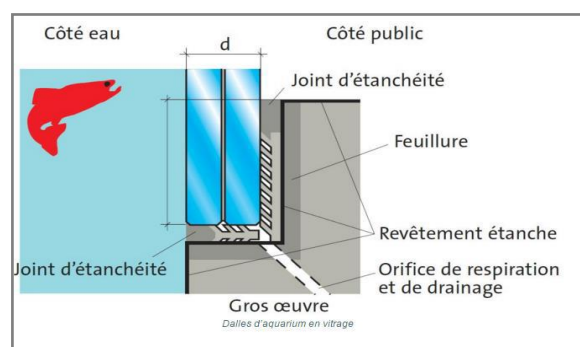


Figure 46 : Détail de fixation bac/vitrage

Source : <http://www.aquabases.com>

¹⁶<https://www.aquaportail.com/definition-3667-aquarium.html>

centimètres, permettant d'ancrer les plantes. Il remplit parfois un rôle fondamental dans la filtration.

II.4.1.2. Le vitrage

Le verre recommande pour les aquariums est le méthacrylate pour ses nombreuses qualités :

- Il présente le même indice de réfraction de lumière que l'eau de mer ce qui réduit au maximum les déformations ;
- Il est 20% plus isolant que le verre ;
- Il peut être poli sous l'eau en cas de rayures ;
- Il permet une plus grande flexibilité dans les formes.

L'épaisseur du vitrage est calculée à l'aide de la formule et du tableau suivant :

Ratio of Length to Height (L/H)	For Side Panels		For Bottom Panels	
	α	β	α	β
0.5	0.003	0.085		
0.666	0.0085	0.1156		
1	0.022	0.16	0.077	0.453
1.5	0.042	0.26	0.0906	0.5172
2	0.056	0.32	0.1017	0.5688
2.5	0.063	0.35	0.111	0.6102
3.0	0.067	0.37	0.1335	0.7134

$$t = \sqrt{\frac{\beta * H^3 * FOS}{10^5 * H^3}}$$

II.4.1.3. L'eau

Les aquariums sont alimentés uniquement en eau de mer à l'aide d'un circuit continu. L'eau est aspirée à travers une crépine a une profondeur et une distance appropriées du rivage afin d'éviter l'aspiration d'eau de mer polluée. Elle doit subir un traitement avant d'être introduite dans les aquariums :

- **La filtration mécanique:** Elle permet de retenir toutes les particules en suspension dans l'eau, comme les résidus de feuilles. Ce sont des mousses de différentes granulométries et des nouilles.
- **La filtration chimique :** Elle sert uniquement en cas de besoins. Ce



Figure 47 : Principe de la filtration mécanique d'un aquarium
Source : <http://www.aquabases.com>

peut être par exemple des résines anti phosphates ou nitrates, un charbon actif pour éliminer des médicaments.

II.4.1.4. Le décor

Les décors utilisent divers matériaux naturels ou d'apparence naturelle : liège, racines de tourbières de telles sortes à obtenir des roches identiques à celles trouvées dans la nature. Le décor participe aussi bien à l'esthétique de l'aquarium qu'au bien être des poissons.

II.4.2. Eclairage

Il est déconseillé d'exposer un aquarium à la lumière directe du soleil. En effet celle-ci ne peut être dosée et lorsqu'elle est trop abondante, elle est à l'origine du développement d'algues indésirables. En revanche, l'installation d'une source lumineuse artificielle est indispensable à l'équilibre de l'aquarium. Le contrôle de la



Figure 48 : Eclairage d'un aquarium
Source : <https://fr.orphék.com>

photopériode (alternance jour-nuit) permet le maintien des rythmes biologiques chez les animaux (période de repos, de chasse...). La lumière est également indispensable aux végétaux marins qui réalisent grâce à elle la photosynthèse permettant leur croissance. Il en est de même pour les coraux qui vivent en symbiose avec les micro-algues.

II.4.3. Température et humidité

Dangereux, eux aussi, pour les collections quand ils ne sont pas contrôlés, ces phénomènes constituent un tout, en raison de leur étroite relation naturelle. On sait également qu'il n'est pas de bonne conservation sans une ambiance climatique relativement constante : les fluctuations brusques, hygrométriques ou thermiques, sont beaucoup plus dangereuses que les variations lentes de même amplitude. D'une manière générale, on retiendra comme norme de conservation pour l'humidité relative : $55 \pm 5 \%$; pour la température : $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

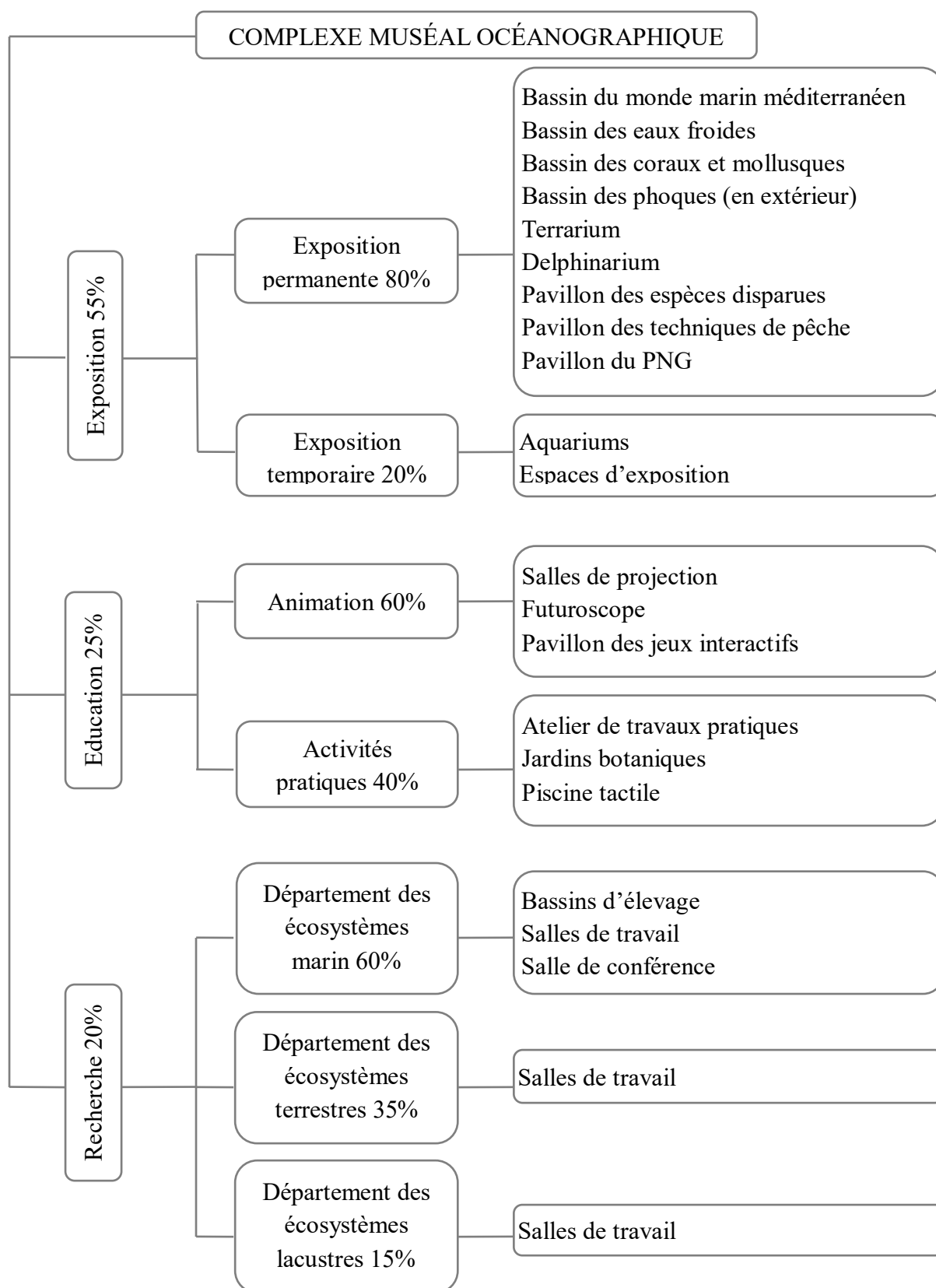
II.4.4. Accueil des personnes à mobilité réduite

Les handicapés sont non seulement les personnes qui se déplacent dans des fauteuils roulants, mais toutes celles, à commencer par les personnes âgées, qui éprouvent des difficultés ambulatories, ainsi que, à ne pas oublier non plus (dans le système de signalisation

en particulier), les visiteurs qui souffrent de handicaps visuels et auditifs. À tous les stades de la visite des aménagements sont à prévoir :

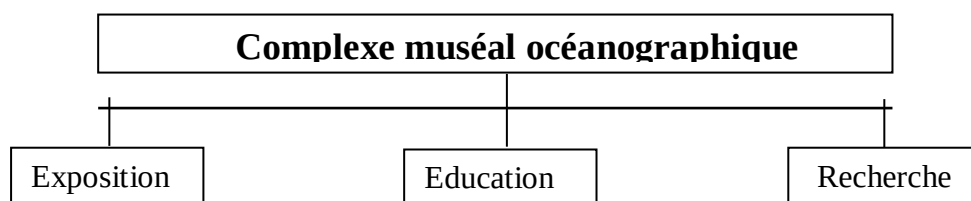
- A l'arrivée, des espaces suffisamment larges et aussi proches que possible de l'entrée pour le débarquement des handicapés moteurs et le stationnement des véhicules qu'ils empruntent ;
- Utilisation des rampes suivant une pente aussi douce que possible (1/20 au maximum);
- Pour le franchissement des escaliers intérieurs de volée restreinte, des rampes permanentes ou mobiles, à défaut de plates-formes ou chariots électriques permettant d'élever un fauteuil roulant ;
- Des ascenseurs calibrés facilement accessibles ;
- Des surfaces de circulation dégagées, des portes aisément franchissables, des points de repos fréquents, des toilettes adaptées, des dispositions relatives aux sorties de secours ;
- Les voies extérieures doivent avoir un sol non meuble, non glissant et ne présentant aucun obstacle à la roue avec une largeur $> 1,40$ m.

II.5. Programme prévisionnel



Conclusion

L'approche thématique nous a permis, progressivement, de mettre toute la lumière sur le concept de complexe muséal océanographique. En abordant les notions de muséologie et d'océanographie, nous avons pu définir le complexe muséal océanographique comme équipement à caractère culturel et scientifique, qui associe science et loisir et dont la mission est la communication, l'information, la distraction, et la sensibilisation du public au milieu marin. Nous sommes arrivés à dégager les principaux composants de ce type d'équipements, son fonctionnement ainsi que son organisation.



L'analyse de projets référents a appuyé la partie théorique par des exemples pratiques de matérialisation des concepts et de réponses aux exigences spécifiques de ces équipements. Elle nous a permis de définir les entités constituant un complexe muséal océanographique et d'avoir une idée quant aux besoins quantitatifs et qualitatifs de ses espaces. Elle nous a également permis de concevoir l'intégration des techniques bioclimatique au sein de ces équipements. Enfin, l'élaboration d'un programme prévisionnel va enclencher la dernière étape, qui comprend l'idéation et la conceptualisation, pour arriver à la fin à concevoir un complexe muséal océanographique.

Synthétisation & création du projet architectural

« Le projet appartient à ces rares figures qui se situent quelque part en théorie et pratique [...]. Il pourrait donc faire partie de ces objets chargés de réconcilier la théorie et la pratique en posant un pied dans celui du discours et l'autre dans celui du faire ».

BOUTINET

II.1. Architecture du projet

« Un projet avant d'être un dessin est, un processus c'est-à-dire, un travail de réflexion basé sur la recherche des réponses à un ensemble de contraintes liées à l'urbanisme, au site, au programme, et au thème, ce qui veut dire qu'il est difficile de dissocier le processus de création future et la phase de programmation car l'ensemble constitue l'acte de créer »¹

La conception du projet représente l'aboutissement du processus de conception architecturale. Elle consiste à rendre matériel ce qui était jusque-là abstrait en tenant en compte des connaissances acquises à travers l'étude du contexte et l'étude thématique. Cette démarche permet de garantir une bonne intégration du projet par rapport à son environnement d'une part, et la relation entre ; la forme et la fonction d'autre part.

Ce chapitre sera consacré à la création de notre projet architectural. Nous essayerons de mettre en exergue les différentes phases du processus de conception depuis les études pré-opérationnelles, jusqu'à la matérialisation du projet. Nous avons organisé ce chapitre en trois parties :

La première sera un récapitulatif du travail de recherche effectué dans les deux chapitres précédents. La deuxième partie sera, quant à elle, consacrée à l'idéation et la matérialisation du projet. Nous exposerons notre idée fédératrice ainsi que les concepts opératoires adoptées qui nous ont permis de développer la genèse de notre projet. Enfin la troisième partie portera sur l'approche bioclimatique du projet architectural. Il s'agira en premier lieu de mettre la lumière sur les principes de bases de l'architecture bioclimatique, un volet théorique concernant les approches de la bioclimatique. Suite à quoi nous passerons à la démarche entreprise et aux dispositifs intégrés dans notre projet dans le but d'optimiser son efficacité énergétique.

II.1.1. Synthétisation des données

II.1.1.1. Synthèse de l'approche contextuelle

L'architecture se schématise à partir de l'environnement dans lequel elle se place et elle est développée à partir de ce contexte...une architecture sans rapport avec les conditions spatiales et spirituelles de l'environnement n'est qu'un geste vide de sens.

¹ Richard Meier

Constat	Recommandation
Présence d'un nœud important (le rond-point du port)	Absorber le flux du rond-point et concevoir le projet comme un aboutissement des parcours
Notre assiette se situe au point de convergence de plusieurs infrastructures de transport modes de transport (gare maritime, gare ferroviaire et aéroport).	Concevoir notre projet comme seuil pour la ville qui entretienne un dialogue avec la gare maritime, la gare ferroviaire et l'aéroport et le traiter
Notre site est un quai qui avance sur la mer	Prévenir les risques d'inondation en cas de montée du niveau de la mer
Les forts et les portes sont des éléments de permanence qui font l'identité de la ville de Bejaia.	
Le tissu portuaire constitue une barrière entre la ville et la mer.	Concevoir un projet perméable qui articule entre la ville et la mer. au moyen
Manque d'espaces publics	Aménager des espaces ouverts à l'urbain
Absence d'aires de stationnement	Prévoir un parking d'une capacité suffisante à répondre au besoin de stationnement du projet (employés et visiteurs) et du quartier.

II.1.1.2. Synthèse de l'approche climatique

II.1.1.2.A. L'ensoleillement

Orientée sud-est et en l'absence de tout obstacle, notre assiette profite d'un ensoleillement optimal durant toute l'année. Il est donc recommandé de favoriser l'orientation sud avec de grandes surfaces vitrées afin de bénéficier de cet atout. Il faut cependant prévoir des protections solaires pour éviter les surchauffes en été.



Figure 1 : Diagramme solaire du terrain

Source : <https://www.sunearthtools.com>

II.1.1.2.B. Les vents

Les vents dominants proviennent de l'Est et du Nord Est en été et d'Ouest à Nord-Ouest en hiver. Le phénomène de brises marines constitue une source supplémentaire de vents auquel est exposée notre assiette.

Il est recommandé de favoriser la ventilation naturelle pendant l'été et de canaliser les brises marines

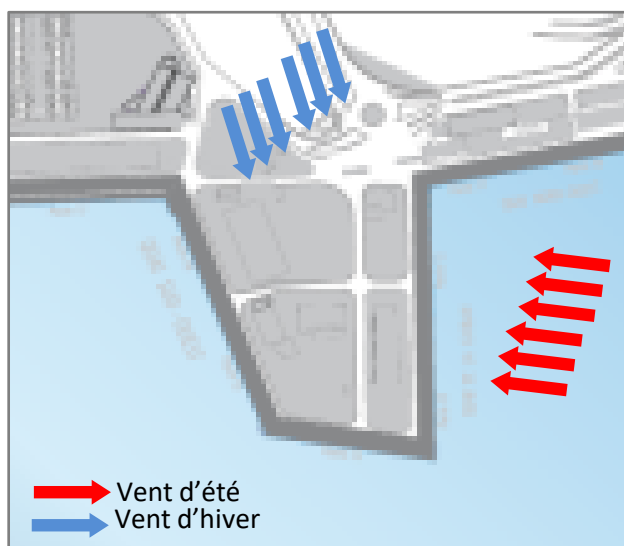


Figure 2 : Carte des vents dominants de l'assiette

Source : <https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf> / Auteurs

II.1.1.3. Synthèse de l'approche thématique

La compréhension du site ne suffit pas, l'art du projet exige une capacité d'interpréter le sens du programme en reliant aux opportunités sous-jacentes du site.

Entités	Espaces	Pourcentage
Aquariums publics	Hall Boutiques Billetterie Salon d'honneur Espaces d'exposition Futuroscope Salle de jeux Restaurant aquatique Administration	50%
Exposition et éducation environnementale	Espaces d'exposition temporaire Espaces d'exposition permanente Serre cultivée Salles de cours Bibliothèque environnementale Administration	30%
Recherche et formation	Salles de projection Salles de cours Laboratoires de recherche Espace de consommation Administration	20%

II.1.2. Une idée fédératrice un projet

« L'architecte et plus largement tout concepteur se trouvent souvent en recherche d'inspiration. L'idée permet de mettre en rapport intellect et production matérielle elle a pour fonction de représenter de façon synthétique l'objet visé »²

En effet, le travail de l'architecte ne relève pas seulement d'automatismes qui réagissent à des contraintes déterminées. La conception d'un édifice est portée par des choix, des intentions, des décisions que permet, ou auxquelles renvoie, l'idée.

II.1.2.1. Philosophie du projet (s'inspirer de la nature pour innover durablement)

La contrainte ne doit pas ôter à l'architecture son aura artistique. Au contraire, elle doit lui ajouter une part de logique conceptuelle adaptée au sujet et au lieu, et lui permettre surtout de rester proche de l'Homme dans ses aspérités et ses besoins réels.

Notre projet suit une idée fédératrice intitulée « la nature » qui puise son sens du travail d'analyse effectué en amont et suite auquel elle s'impose du fait de son rapport avec le contexte, la thématique et la bioclimatique.

II.1.2.1.A. La nature pour une restauration écologique du port de Bejaia

La restauration écologique est le processus intentionnel qui initie ou accélère la régénération des écosystèmes qui ont été dégradés, endommagés ou détruits. Le port de Bejaïa, en raison de l'activité portuaire qui s'y déroule constitue un bon support pour l'initiation d'une restauration écologique. En effet, le trafic des navires est à l'origine de déversements de produits hydrocarbures qui ont atteint une telle concentration dans les bassins du port que les écosystèmes ont été détruit. En s'inspirant de la nature, nous aspirons à redonner droit à la vie à la faune et la flore pour repeupler les rivages de la ville de Bejaia.

II.1.2.1.B. La nature pour le bien-être des espèces

Dans la nature, les animaux peuvent parcourir des centaines de kilomètres, chasser leurs proies, élever leurs petits, explorer, jouer et avoir des relations sociales complexes tandis que dans les équipements où ils sont mis en captivité, leur vie est beaucoup plus restreinte. Le confinement et le manque de stimulation conduisent souvent en un comportement anormal et autodestructeur, connu sous le nom de « stéréotypies », comme par exemple tourner en rond. Notre projet étant une structure pour la promotion de la biodiversité et non une structure

²P. BOUDON, P. DESHAYES, F. POUSIN et F. SCHATZ, Cours d'architecturologie, éditions de la Villette, Paris, 1994, p 2

carcérale, il est nécessaire de reproduire l'environnement naturel de chaque espèce afin d'assurer sa prospérité. L'idée de la nature s'impose donc.

II.1.2.1.C. La nature pour être une architecture efficace

Depuis 3,8 millions d'années, la nature n'a cessé de s'adapter et de s'évoluer sans hypothéquer son futur. Elle a développé des principes qui inspirent aujourd'hui les politiques d'efficacité énergétiques :

- Utilise les contraintes comme source de créativité ;
- Optimise plutôt que maximise ;
- Ne pollue pas son nid ;
- Transforme les déchets en ressource ;
- Econome avec ses ressources et ne les épuise pas.

II.1.2.2. Comment rapporter la nature à l'architecture

Le biomimétisme (littéralement : *imitation du vivant*) consiste à s'inspirer des solutions de sélection naturelle adoptées par l'évolution, pour en transposer les principes et les processus en matière d'ingénierie humaine. La démarche vise à privilégier des « choix » éprouvés par la nature, dans le cadre d'un développement durable en meilleure harmonie avec l'environnement et soutenable sur le long terme.³Le bio mimétisme classe les innovations inspirées du vivant en trois niveaux :

II.1.2.2.A. Le biomimétisme de forme

C'est le niveau d'inspiration le plus simple, et par conséquent le plus répandu. Le biomimétisme de forme consiste à améliorer les performances environnementales d'une technologie par un travail sur la forme, inspirée du vivant".

II.1.2.2.B. Le biomimétisme de procédés

On est toujours au niveau de l'imitation technique mais plus avant dans la logique écologique.

II.1.2.2.C. Le biomimétisme écosystème

Le niveau biomimétique ultime est atteint lorsque l'imitation se place à l'échelle d'écosystèmes entiers. Le bio mimétisme éco systémique s'inspire des relations entre les espèces, il encourage la coopération et la collaboration et nous ramène à notre interdépendance avec le reste de la biosphère. Avec ce dernier niveau, il s'agit de comprendre

³<https://e-rse.net/definitions/biomimetisme-definition-exemples/#gs.8bxavm>

comment parvenir à un système durable en s'inspirant des relations entre des espèces et leur environnement.

II.1.3. Conceptualisation du projet

Toute conception architecturale nécessite une réflexion basée sur des concepts et des principes architecturaux. Une telle démarche nous aide à choisir les bonnes orientations, afin d'éviter la gratuité des gestes et assure une formalisation d'un ensemble architectural cohérent répondant à toutes les contraintes.

II.1.3.1. Concepts liés au contexte

- **La perméabilité :** c'est un processus selon lequel l'utilisateur doit comprendre que l'espace est accueillant, pénétrable et perméable. Concept principal de notre projet, la perméabilité va permettre de retrouver la relation entre la ville de Béjaïa et la mer en supprimant la barrière que formait le tissu portuaire.
- **Le seuil :** À travers l'entrée en ville se dessinent les espoirs du voyageur, ses attentes par rapport à ce que la ville à lui offrir et les représentations qu'il se fait du lieu dans lequel il va évoluer. Que l'on aborde Béjaïa par voie marine, ferroviaire ou même aérienne, notre projet constitue le point de départ de la ville du fait de sa situation stratégique. Il s'avère ainsi nécessaire de traiter notre projet comme seuil de la ville.
- **L'intégration :** L'inscription du projet dans son environnement par une dégradation de hauteur en harmonie avec l'environnement immédiat et de profiter du paysage par le biais de terrasses et d'ouvertures faisant en permanence dialoguer le dedans et le dehors.

II.1.3.2. Concepts liés au thème

- **La fragmentation :** Diviser le projet en plusieurs entités qui s'articulent entre elles ce qui induit une bonne fluidité.
- **L'unicité :** Le projet doit avoir une image cohérente à travers la liaison entre ces différentes entités.

II.1.3.3. Concepts liés à la bioclimatique

- **La ventilation :** elle s'impose comme concept dans notre projet compte tenu du taux d'humidité important relevés lors de l'étude climatique effectuée.

II.1.4. Création du projet, des concepts à la forme

II.1.4.1. Première action (les axes fédérateurs comme réponse bioclimatique, confort visuel et lien avec la ville)

Les axes fédérateurs sont des axes qui structurent le projet et qui dictent son implantation. Pour notre projet, nous les avons tracés de telle sorte à répondre à des besoins bioclimatiques, de relation avec le contexte du projet et enfin de confort visuel.

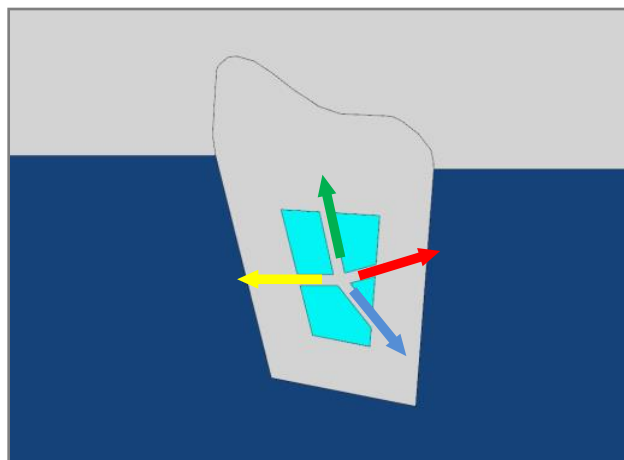


Figure 3 : Les axes fédérateurs de notre projet
Source : Auteurs

- **Les axes de relation avec le contexte :** ils permettent d'établir un rapport entre notre projet, la gare ferroviaire, la gare maritime et l'aéroport de la ville comme suit :
 - L'axe rouge : relie notre projet à la gare maritime
 - L'axe vert relie notre projet à la gare ferroviaire
 - L'axe jaune relie notre projet à l'aéroport
- **L'axe bioclimatique :** il forme un entonnoir avec l'axe rouge et permet ainsi de canaliser les vents dominants d'été par effet Venturi.

L'intersection de ces axes représente une centralité marquée par un espace de rencontre sur lequel va donner l'ensemble des entités du projet.

II.1.4.2. Deuxième action (le zoning fonctionnel)

La fragmentation du projet nous a permis de répartir les entités selon les exigences de confort pour chaque fonction.

Au nord : l'entité exposition et éducation environnementale pour bénéficier de l'éclairage naturel homogène

A l'est : l'entité recherche et formation (orientation recommandée pour les espaces de travail).

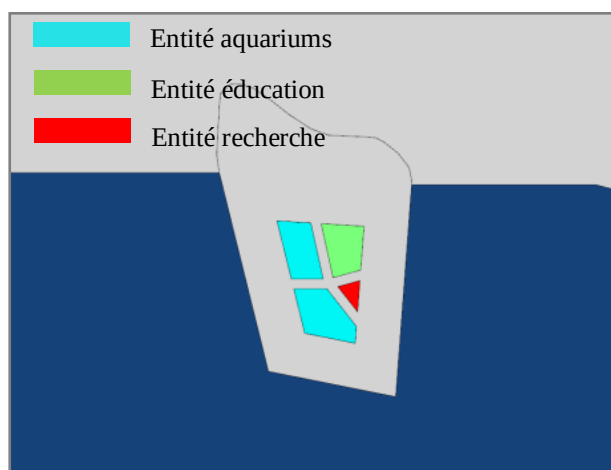


Figure 4 : Zoning fonctionnel des entités de notre projet
Source : Auteurs

Au sud : l'entité aquariums publics avec le toit accessible donnant sur la mer.

II.1.4.3. Troisième action (Pour un projet perméable)

Dans cette action, nous avons projeté un passage souterrain comme moyen de matérialiser le principe de perméabilité. Afin de renforcer encore plus ce concept, nous avons également projeté une rampe qui permet d'accéder au toit de notre projet qui sera ouvert à l'urbain et aménagé en conséquence.

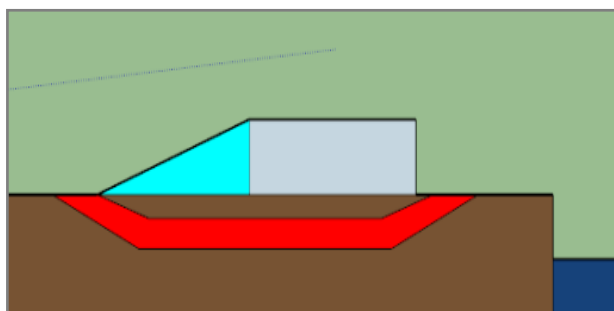


Figure 5 : Matérialisation du concept de perméabilité

Source : Auteurs

Nous visons par ces deux actions à articuler entre la ville de Bejaia et la mer et ce en permettant un accès direct sans contraindre le public à traverser le projet.

II.1.4.4. Quatrième action (un clin d'œil à l'histoire)

Comme clin d'œil au passé historique de la ville de Bejaïa, nous avons donné de la hauteur à un volume pour faire référence aux forts qui constituent des éléments de permanence de la ville et qui font son

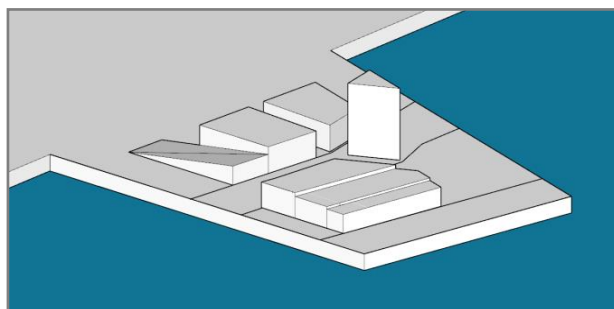


Figure 6 : Matérialisation du concept d'intégration

Source : Auteurs

identité. Nous avons choisi pour cela l'entité recherche et formation en référence au statut de ville du savoir qu'occupait Bejaïa dans son passé. Pour une meilleure intégration du projet à son environnement physique et afin de préserver la façade maritime de la ville, nous avons appliqué un dégrade de hauteur au volume de l'entité aquariums publics.

II.1.5. Prémisses formelles par tentatives volumétriques

La représentation volumétrique est, pour l'architecte, un outil de travail qui donne une image concrète de la réalité à échelle réduite. Elle permet de lire les espaces et les formes dans leur globalité par la présence simultanée des trois dimensions et la possibilité pour une seule représentation d'adopter une infinité de points de vue.

II.1.5.1. Progression formelle échelle 1/500

II.1.5.1.A. Première étape

Notre première tentative a été de matérialiser le passage souterrain. Nous avons repris l'idée des failles océaniques que nous avons imité au moyen de trois dalles sur lesquelles nous implanterons notre projet. Elles ont trois fonctions majeures.

- Matérialiser le concept de perméabilité en libérant le socle qui sera dédié à la ville ;
- Intégrer des un parking et regrouper l'ensemble des locaux techniques du projet ;
- Surélever le projet par rapport au niveau de la mer et le mettre à l'abri de montée des eaux.

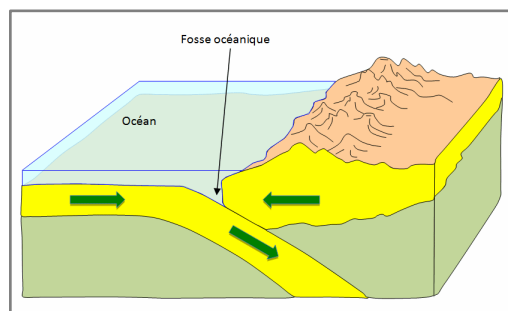


Figure 7 : Fosse océanique
Source : <http://svt.ac-dijon.fr>

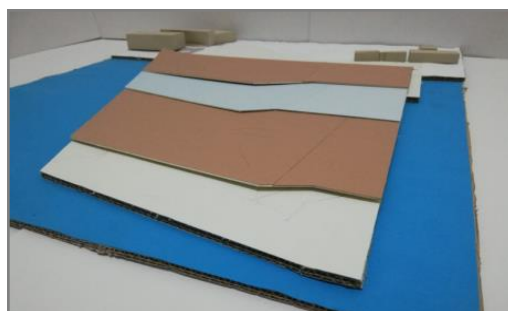


Figure 8 : Intervention sur le terrain
Source : Auteurs



Figure 9 : Forme inspirée des branchies de poisson

Source : <https://yestoa.wordpress.com>

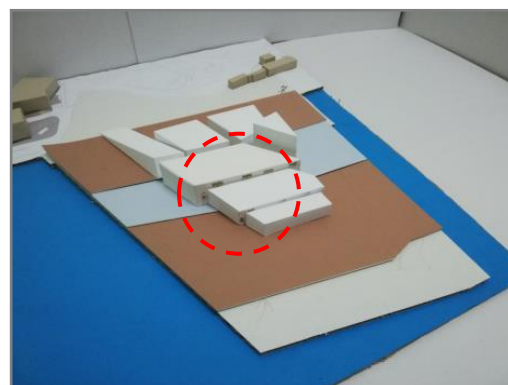


Figure 10 : Branchies de poisson
Source : Auteurs

II.1.5.1.B. Deuxième étape

1/ Nous avons opté pour une forme plus fragmentée afin de mieux occuper le terrain et ainsi d'avoir des espaces extérieurs structurés.

2/ Nous avons réorienté la rampe de telle sorte à récupérer les flux provenant du rond-point et de la gare maritime.

3/ Nous avons repositionné les volumes de l'entité exposition et éducation environnementale de manière à exposer le plus faible mètre couple au vent. Cela permet d'avoir une forme

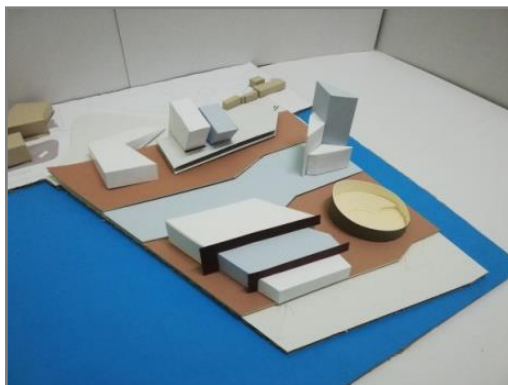


Figure 11 : Première tentative
Source : Auteurs

aérodynamique inspirée des nageoires de poisson qui va nous permettre de dévier les vents froid d'hiver.

4/ Nous avons projeté un delphinarium



Figure 13 : Dauphin
Source : <http://www.le-gite-bretagne.com>

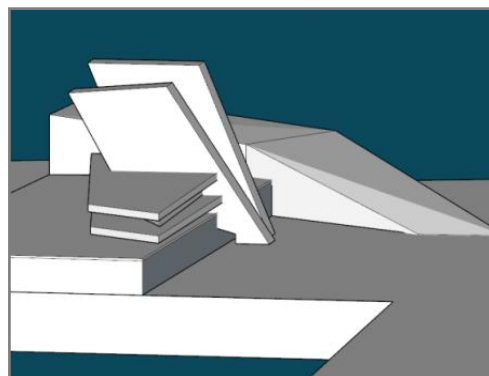


Figure 12 : Forme inspirée du dauphin
Source : Auteurs

II.1.5.1.C. Troisième étape

L'objectif de cette étape était d'articuler entre les volumes de l'entité aquariums publics

- Articulation physique : une passerelle permet le passage du premier volume au second
- Articulation visuelle : une toiture perforée permet de rassembler les deux volumes.



Figure 15 : Troisième tentative (articulation avec une passerelle)
Source : Auteurs



Figure 14 : Troisième tentative (articulation avec une toiture perforée)
Source : Auteurs

II.1.5.2. Progression formelle échelle 1/300

Le changement d'échelle nous a permis de mieux apprécier les proportions des volumes de notre projet. Suite à quoi nous avons apporté certaines modifications :

- Création de l'atrium au niveau de l'école d'éducation à l'environnement ;
- Fragmentation de la tour de recherche en trois volumes.
-



Figure 16 : Photo de la maquette du projet à l'échelle 1/300
Source : Auteurs

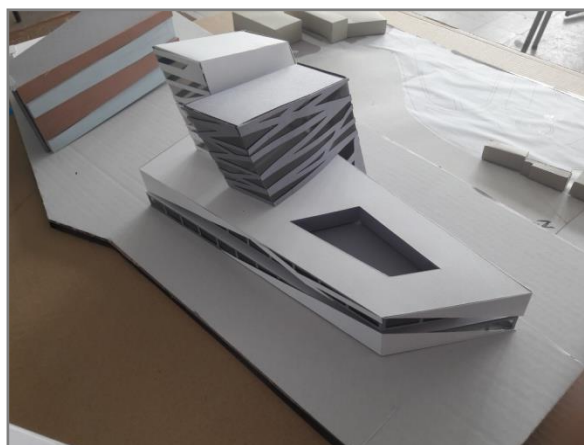


Figure 17 : Entité éducation à l'environnement
Source : Auteurs

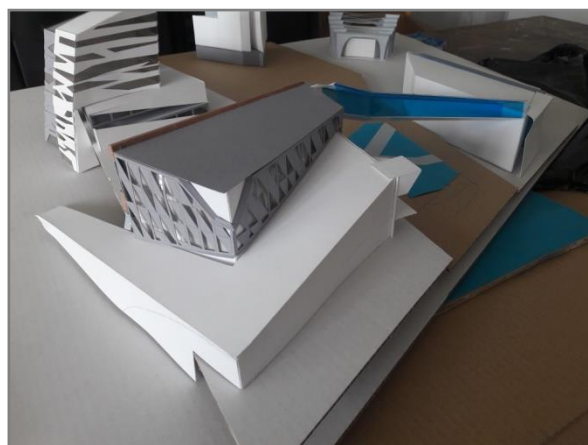


Figure 18 : Entité découverte des fonds marins
Source : Auteurs

II.1.6. Description du projet

Immergé dans la mer et au cœur d'un site riche en paysages chargés d'histoire, notre projet se veut avant tout un lieu d'évasion loin du vacarme étourdissant de la ville. Le complexe muséal océanographique est une plateforme où loisir et science se marient pour donner naissance à un lieu propice à la découverte scientifique mise à profit de la protection de l'environnement. Equipement d'envergure, notre projet ambitionne à rayonner tant au niveau local qu'au niveau international.

Au niveau local : Le projet va avoir une influence positive sur le comportement de la population locale grâce à son programme de sensibilisation et d'éducation environnementale. Cela aura comme conséquence de stopper la dégradation des écosystèmes fragiles du parc national de Gouraya.

Au niveau national : Notre projet s'inscrit dans le cadre de la politique nationale qui s'oriente vers un modèle économique basé sur le tourisme comme alternative au modèle économique basé sur les revenus des hydrocarbures.

Au niveau international : Notre projet traite une problématique d'actualité liée développement durable et la protection de l'environnement.



Figure 19 : Vue d'ensemble du projet
Source : Auteurs

II.1.6.1. Accessibilité

Notre parcelle est accessible du nord-ouest depuis le carrefour du port. Surélevé sur des plateformes, notre projet libère son emprise au sol qu'il dédie à l'urbain. L'accès au projet se fait à partir d'un escalier monumental qui aboutit sur les dalles et une rampe qui. Dans le cadre d'une démarche environnementale, les parcours mécaniques sont réduits à deux accès qui desservent les parkings aménagés sous les dalles.

II.1.6.2. Organisation spatiale

II.1.6.2.A. Les espaces extérieurs

D'une emprise totale de plus de 15.000 m², notre projet se développe en 3 entités :

- L'entité éducation
- L'entité découverte des fonds marins
- L'entité recherche et formation

- **Le parcours historique**

Riche de son patrimoine forgé par la succession de plusieurs civilisations qui l'ont occupée, où que l'on porte le regard à Bejaia, on aperçoit un fragment d'histoire. Sur la partie de notre terrain orientée Ouest, en contre bas de la casbah, nous avons imaginé un parcours historique qui retrace les différentes stations historiques par lesquelles est passée la ville de Bejaia.

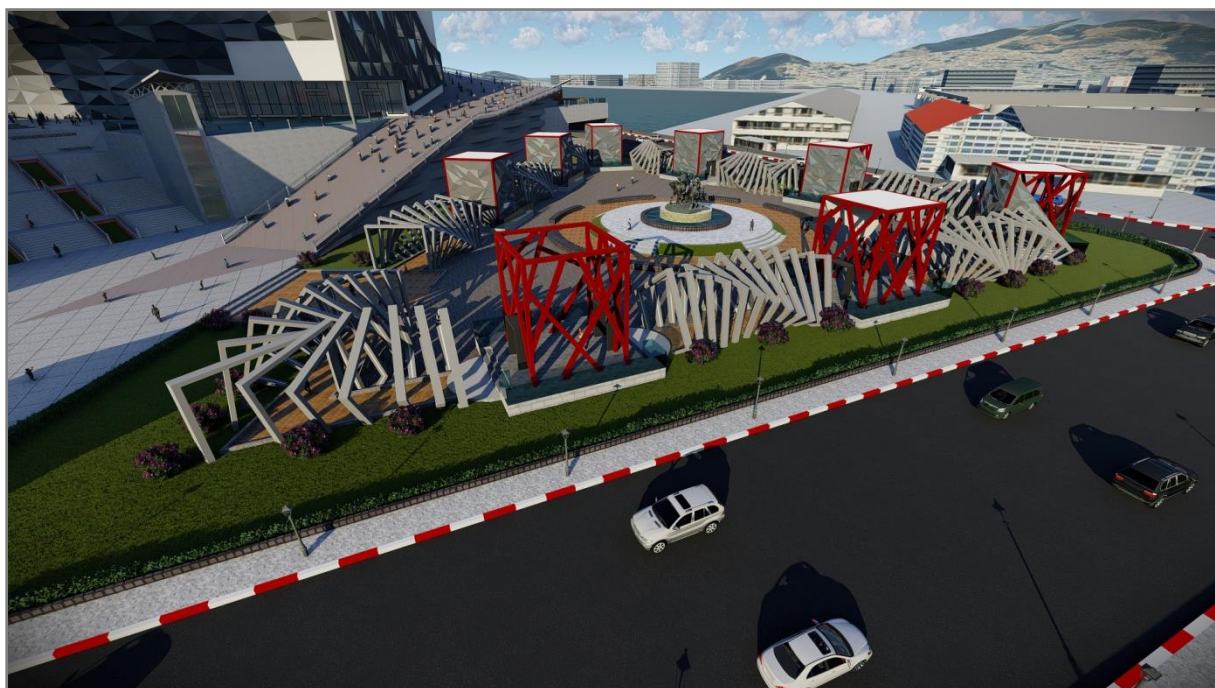


Figure 20 : Vue sur le parcours historique
Source : Auteurs

- **Les dalles**

Elément singulier de notre projet, les dalles apportent une réponse originale à un ensemble de contraintes. Elles permettent de retrouver la relation perdue entre la ville et la mer en plus de surélever le projet et de le mettre à l'abri de la montée des eaux. La première dalle couvre devient ainsi un vaste espace de déambulation où les usagers peuvent circuler librement et passer instantanément de la ville à la mer. La deuxième dalle, quant à elle, abrite un parking pour les visiteurs et un parking pour le personnel qui donnent vers le carrefour du port. Du côté Sud-est elle abrite une zone technique de gestion des déchets qui regroupe tous les locaux techniques du projet, l'exposition des écosystèmes hydrothermaux ainsi que le snow world qui sont accessibles depuis l'espace extérieur de notre projet. Enfin, la dernière dalle abrite un deuxième niveau de parking qui est conçu pour les visiteurs.

II.1.6.2.B. Les espaces intérieurs

- **Entité découverte des fonds marins**

Cette entité qui accueille les aquariums publics est répartie sur deux volumes articulés par une passerelle. Le premier est implanté au niveau de la troisième dalle et se développe en R+2. Il porte l'accès principal du public et dispose d'un accès d'honneur. La circulation verticale est assurée par une rampe, un escalator et un ascenseur. Le deuxième, implanté sur la première dalle, se développe également en R+2. Il comporte un accès pour les visiteurs, un accès de service pour le personnel, et un accès technique de livraison. Le premier volume intègre une forme en rampe qui permet d'accéder à la toiture du deuxième volume. Offrant ainsi des vues panoramiques dégagées sur la mer et sur la ville de Bejaïa. Les volumes de cette entité ont été conçus avec la volonté d'obtenir une forme dynamique plongeante vers la mer.

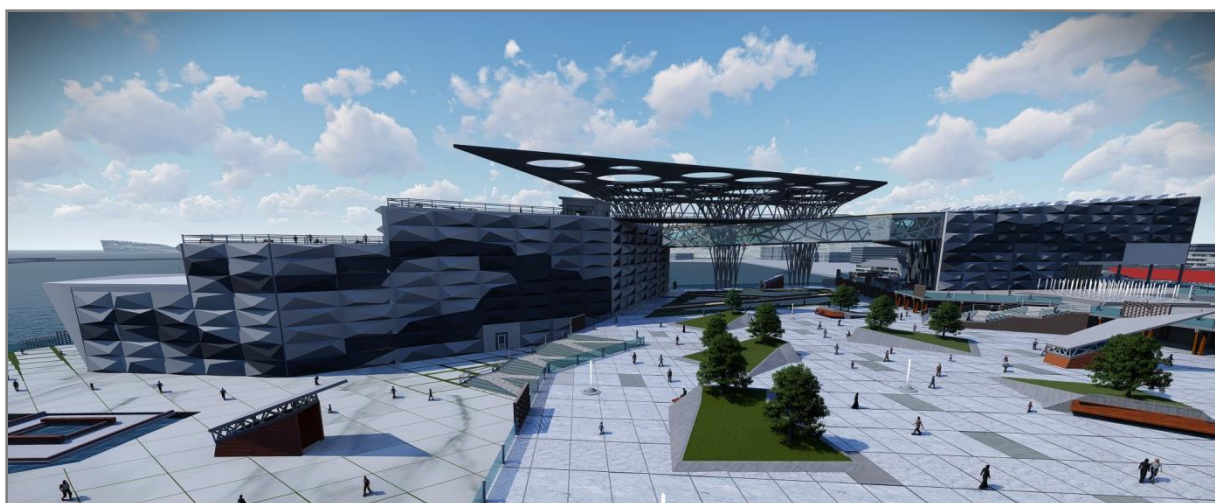


Figure 21 : Vue sur l'entité découverte des fonds marins
Source : Auteurs

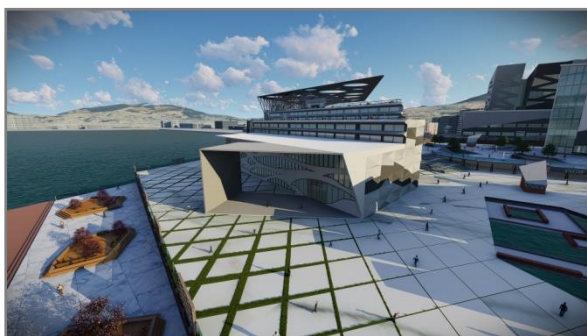


Figure 22 : Vue sur l'entité découverte des fonds marins

Source : Auteurs

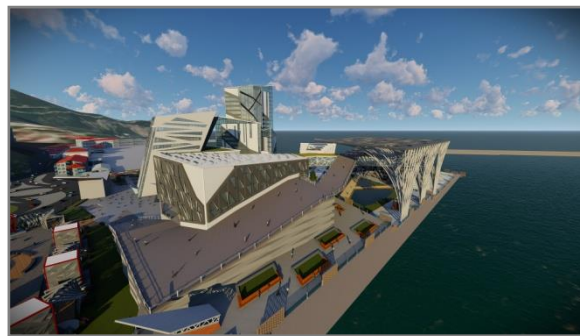


Figure 23 : Vue sur l'entité découverte des fonds marins

Source : Auteurs

• Entité éducation

Le volume de cette entité implantée sur la troisième dalle est composé d'un socle de trois niveaux et de deux tours émergentes de onze niveaux. Il accueille une école d'éducation à l'environnement, un musée de la biodiversité et le pôle gouvernance du projet. L'école d'éducation à l'environnement occupe une partie du socle et s'organise autour d'un atrium aménagé en jardin cultivable. Le deuxième niveau est un espace d'exposition temporaire intégré au parcours du musée de la biodiversité. La deuxième partie du socle accueille le musée qui propose des expositions mettant en scène la biodiversité fragile du bassin méditerranéen. Enfin le pôle gouvernance du projet occupe les deux tours qui accueillent également une salle de restauration des œuvres et une salle d'archives.



Figure 24 : Vue sur l'entité éducation

Source : Auteurs

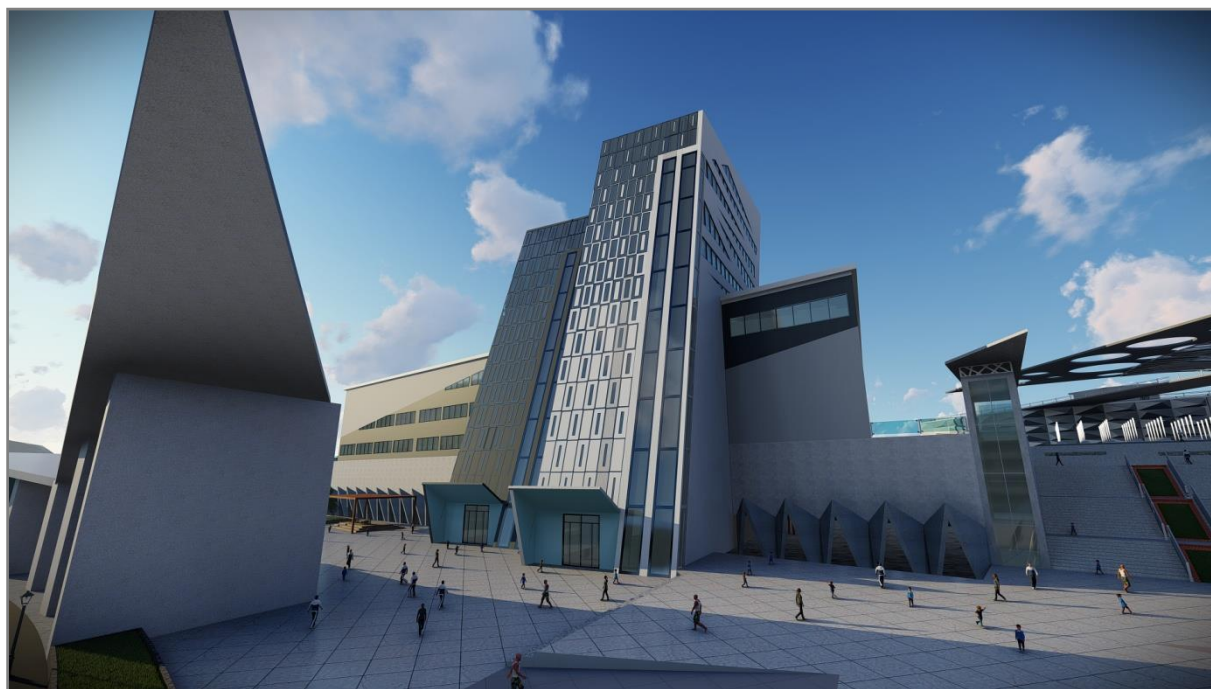


Figure 25 : Vue sur l'entité éducation

Source : Auteur

- **Entités recherche et formation**

Cette entité constitue un élément d'appel dans notre projet. Il s'agit d'une tour en R+15 constituée de trois volumes de gabarits croissants posés sur un socle. Ce dernier abrite les différents services administratifs au rez-de-chaussée et le service de consommation comprenant deux restaurant et une cafeteria au premier étage. Les trois volumes accueillent un centre de recherche et de formation en sciences de l'environnement.



Figure 26 : Vue sur le centre de recherche et de formation

Source : Auteurs



Figure 27 : Vue sur le centre de recherche et de formation
Source : Auteurs

II.1.6.3. Description des façades

Pour l'habillage des façades de notre projet, nous avons conçu deux types de traitements inspirés du biotope marin pour l'un et de la biocénose marine pour l'autre. Le premier traitement inspiré du biotope reprend l'aspect des écailles d'un poisson. Il est appliqué sur les façades de l'entité découverte du monde marin sous forme d'un mur trombe sur la façade sud-ouest, et sous formes d'éléments rectangulaires saillant sur les autres façades. Un jeu de nuances entre un gris foncé et un gris plus clair permet d'obtenir un mouvement de vague. Le deuxième traitement inspire de la biocénose reprend l'idée d'une faille océanique qui scinde subtilement en deux les volumes des entités éducation environnementale et de la tour.

II.1.6.4. Aspect constructif du projet

Tout édifice, quel que soit sa nature doit répondre à trois principes essentiels : Fonctionnalité, Solidité et Esthétique. Dans tout processus de conception, le choix du système de structure à utiliser est tout aussi important que les autres phases. Il doit répondre à la nature du sol, à la forme et à la fonction d'ouvrage ainsi qu'au côté économique.

II.1.6.4.A. L'infrastructure

Le choix du type de fondations dépend de la nature du sol ainsi que du résultat de calcul des descentes de charges. La nature du sol de notre assiette qui est constitué d'un enrochement nous impose des fondations profondes. Nous avons donc opté pour des pieux au niveau de la tour de recherche. Pour des raisons économiques nous avons opté pour des semelles filantes sur sol reconstitué par des colonnes ballastées au niveau des autres entités.

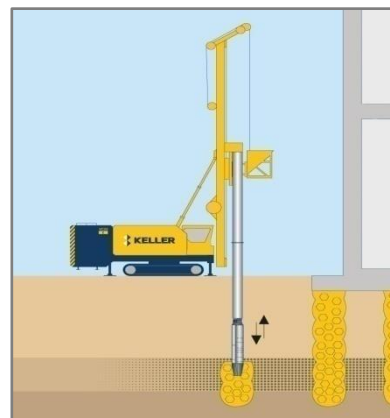


Figure 28 : Reconstitution du sol par colonnes ballastées

Source : <https://www.keller-france.com>

- **Les colonnes ballastées** : la reconstitution du sol est un procédé de renforcement de sol utilisant une inclusion en béton ou en mortier réalisée dans tout type de terrain, y compris dans les sols très compressibles et organiques, pour réduire les tassements et augmenter la capacité portante. Cette technique permet :
 - La réduction des terrassements
 - La réalisation de fondations superficielles
 - L'augmentation de la capacité portante du sol et par conséquent la réduction des dimensions des semelles.

II.1.6.4.B. La super structure

Le choix du type de structure a été adopté pour répondre aux exigences de la thématique

Entité	Ecole d'ERE	Les tours administratives	Recherche et formation	Aquariums
Exigence	/	- Circulation fluide - Grand espaces de travail (open space)	/	- Circulation fluide - Grand espaces d'exposition
Type de structure	Poteau poutre en béton armé	Structure mixte	Poteau poutre en béton armé	Structure mixte

- **Structure en Béton armée**

Le béton armé correspond à un mariage judicieux de matériaux aux caractéristiques complémentaires : l'acier pour sa capacité à résister aux contraintes de traction et le béton pour sa capacité à résister à la compression.

- Une souplesse de mise en œuvre qui offre plus de possibilités dans les formes ;

- La résistance aux séismes: en raison de son monolithisme et de la qualité des assemblages, le béton armé résiste bien aux efforts sismiques.
- L'isolation acoustique: sa densité élevée entraîne un bon affaiblissement des bruits émis par une source extérieure.
- Représente une masse thermique supplémentaire.

Nous avons opté pour des poteaux circulaires de 50 cm de diamètre pour les poteaux de notre projet afin de supporter les charges importantes des bassins d'eau et du public. En raison de longueurs importantes des blocs de notre projet, nous avons prévu des joints de dilatation tous les 25 à 30m.

Exclusivement pour l'école d'éducation à l'environnement, nous avons optes pour des poutres en béton armé de 45cm de retombée car les portées réduites ne justifient pas le recours des poutres métalliques plus couteuses. Par conséquent, nous avons opté pour des planchers a dalle pleine de 15cm d'épaisseur pour cette entité.

Utilisés pour construire les parois du grand bassin, nous avons prévu des voiles en béton armé de 30 cm d'épaisseur afin de contenir les poussées importantes de l'eau.

- **La structure hybride**

Une structure hybride est composée d'éléments homogènes de matériaux différents. Dans notre projet, il s'agit de poteaux en béton et de poutres métalliques alvéolaires en profilé I.

- Les poteaux en béton assurent la descente de charge et participent à la masse thermique du bâtiment.
- Les poutres métalliques combinent légèreté et grande liberté dans la gestion des espaces grâce aux grandes portées qu'elle assure. Elles permettent également le passage des gaines à travers les alvéoles.

- **Les planchers**

Pour la structure en béton, nous avons utilisé un plancher a dalle pleine. Pour la structure hybride, nous avons eu recours à des planchers mixtes sur bac d'acier pour leur grande résistance aux charges de forte intensité et sa résistance à la flexion dans le cas de grandes portées.

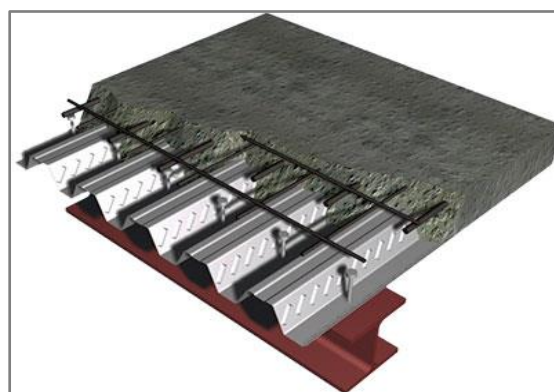


Figure 29 : Plancher mixte
Source : <http://www.teczone.es>

II.1.6.4.C. Protection contre l'agressivité marine

L'implantation d'un équipement en bord de mer nécessite des mesures particulières afin de protéger l'ouvrage de l'humidité et de l'agressivité des sels marins.

- **Protection de la structure métallique**

La structure métallique doit être protégée contre la corrosion. Pour cela, il existe différents procédés de traitement :

- La peinture anticorrosion ;
- La métallisation du zingage ;
- La protection cathodique.

- **Protection de la structure en béton**

Les bétons doivent être protégés contre l'érosion des sels marins ainsi que les microfissurations dues aux cycles gel/dégel de l'humidité. Les liants recommandés pour les travaux à proximité de la mer sont ceux qui contiennent plus de silice et de chaux libre.

- Les ciments résistants aux sulfates (CRS)
- Les ciments à hautes teneur en silice

Une précaution essentielle à prendre pour les ouvrages en béton armé consiste en l'enrobage des armatures de la structure porteuse (poteaux et poutres) d'au moins 5cm.

II.2. Approche bioclimatique

Introduction

B.GIVONI a écrit : « *la relation de l'architecture avec l'environnement est à l'ordre du jour ; elle concerne l'impact écologique et visuel, mais aussi les échanges entre le climat et les ambiances intérieures, cet aspect a été particulièrement négligé ces dernières années, mais il est devenu en raison de crise de l'énergie, un des principaux thèmes de recherche en (1) matière d'architecture.* »⁴

L'architecture bioclimatique est l'architecture la plus ancienne : utilisation de matériaux locaux, volonté de se protéger des contraintes climatiques, recours à des systèmes ingénieux pour améliorer le confort étaient déjà les objectifs recherchés dans les habitations troglodytes ou vernaculaires. Depuis, la standardisation induite par la révolution industrielle a eu comme conséquence d'éloigner l'architecture de son environnement. Toutefois, le retour de tels concepts apparaît inévitable dans un contexte de crise écologique à laquelle participe grandement le secteur du bâtiment qui consomme toujours plus d'énergie. Cette augmentation est notamment liée au développement des nouvelles technologies, toujours plus consommatrices et à l'évolution des exigences de confort dans l'habitat.

L'architecture bioclimatique répond en partie à cette problématique par l'intégration de concepts passifs permettant de minimiser le recours à la consommation énergétique et l'impact sur l'environnement sans négliger le bien-être de l'occupant.

II.2.1. La haute performance énergétique

La haute performance énergétique et 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 saine et confortable. La HQE (haute qualité environnementale) est un concept français qui illustre bien cette démarche. L'exigence générale pour la qualité environnementale d'un bâtiment s'appuie sur une grille d'évaluation comprenant 14 cibles organisées suivant deux domaines :

- Maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur (souci de la planète) ;
- Produire un environnement intérieur satisfaisant (souci de l'habitant).

⁴B.GIVONI

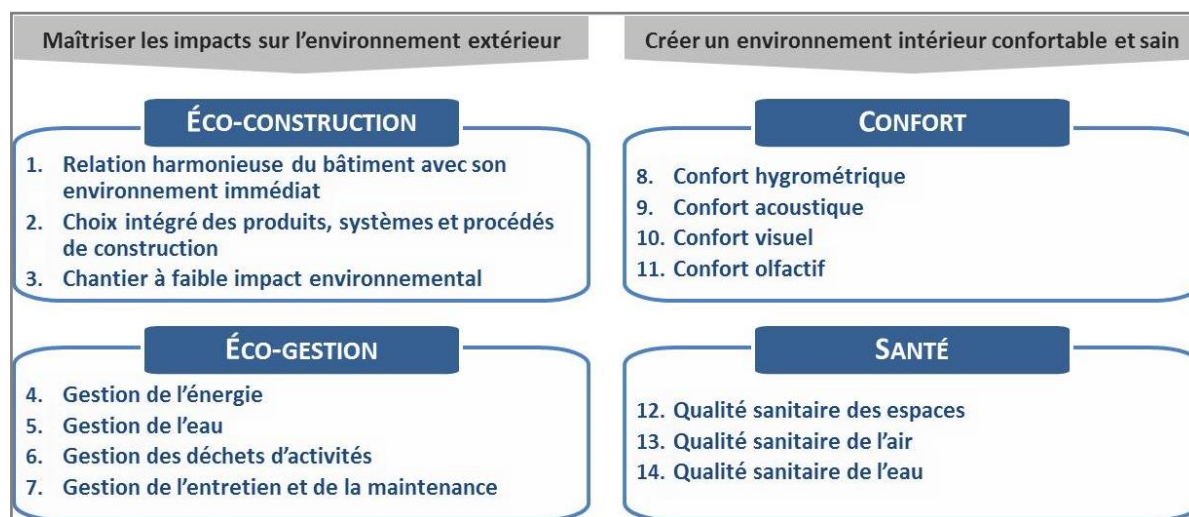


Figure 30 : Les 14 cibles de la HQE
Source : <https://www.energystream-wavestone.com>

II.2.2. Mettre en œuvre l'architecture bioclimatique pour une haute performance énergétique et environnementale

La conception architecturale bioclimatique s'inscrit dans la problématique contemporaine liée à l'aménagement harmonieux du territoire et à la préservation du milieu naturel. Cette démarche, partie prenante du développement durable, optimise le confort des habitants, réduit les risques pour leur santé et minimise l'impact du bâti sur l'environnement. L'architecture bioclimatique appelée aussi architecture solaire ou durable est une stratégie passive qui se veut adaptée au maximum à son site et à son environnement⁵. Du point de vue énergétique, cela se traduit par l'utilisation des ressources en présence constante dans la nature telles celles du soleil et du vent. Elle tente de tirer parti de ces énergies sous forme de lumière et de chaleur en s'intégrant dans la logique de l'environnement.

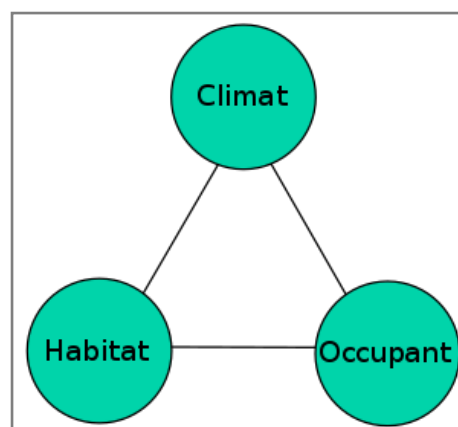


Figure 31 : Paramètres de l'architecture bioclimatique
Source : www.architecte.mimran.fr

⁵Lou CHESNE. Vers une nouvelle méthodologie de conception des bâtiments, basée sur leurs performances bioclimatiques. Architecture, aménagement de l'espace, INSA de Lyon, France, 2012. <NNT : 2012ISAL0092>.

II.2.2.1. Les principes de l'architecture bioclimatique

II.2.2.1.A. 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 : communication, vues, rapports et voisinage, etc.⁶ L'implantation du bâtiment doit aussi tenir compte de son impact futur sur l'environnement immédiat.



Figure 32 : Implantation

Source : <http://www.territoires-durables.fr>

II.2.2.1.B. Forme et compacité

La compacité d'un bâtiment ou le coefficient de forme (Cf) est défini comme le rapport entre la surface de déperdition de l'enveloppe extérieure et le volume habitable (m^2/m^3). Il indique le degré d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques ambiantes. Plus la surface de déperditions est grande, plus les pertes de chaleur augmentent, le bâtiment est plus économe en énergie quand le coefficient de forme prend des valeurs plus élevées (chauffer le même volume mais avec moins de surfaces de déperditions)⁷. Cependant, un bâtiment hyper compact n'est pas souhaitable du point de vue architectural et éclairage naturelle, donc un compromis doit être trouvé lors de la conception du projet.⁸

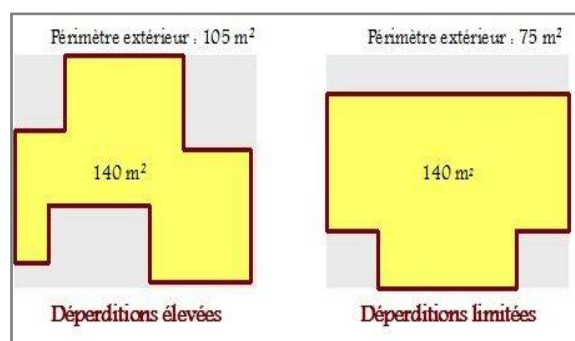


Figure 33 : Compacité

Source : <https://maisonpassive62.wordpress.com>

II.2.2.1.C. Orientation

L'orientation d'un édifice répond à sa destination : les besoins en lumière naturelle,

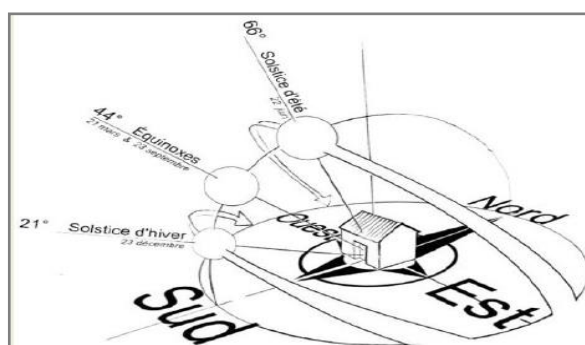


Figure 34 : Orientation

Source : <http://biblus.accasoftware.com>

⁶Alain LIEBARD & André De HERDE, traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, édition Le Moniteur, 2005, p 63.

⁷S.ABDULAC, Traditional housing design in arab countries, in Designing in Islamic cultures II, Urban Housing, The aghakhan program for Islamic architecture, Harvard, Massachusetts, 1982.

⁸MAZARI Mohammed, Étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public: cas du département d'architecture de Tamda, Mémoire de magistère université de Tizi-Ouzou, 2012, p 36.

l'intérêt d'utiliser les rayonnements solaires pour chauffer le bâtiment ; au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe, l'existence de vent pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été⁹. Il est admis, en hiver la façade orientée sud reçoit plus de rayon solaire, l'horizontale et la façade ouest reçoivent très peu. En été, c'est l'horizontale qui est la plus éclairée, suivie de la façade ouest et de la façade sud.¹⁰

II.2.2.1.D. Organisation des espaces intérieurs

Afin d'assurer un meilleur confort au sein d'un bâtiment, l'idéal est d'organiser les locaux selon leurs besoins énergétiques, suivant le type d'activité et le taux de fréquentation ; c'est ce qu'on appelle « le zoning climatique ». Cela permet de réduire les besoins calorifiques et frigorifiques du bâtiment.¹¹

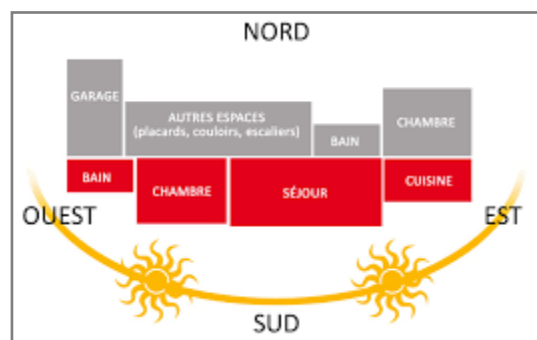


Figure 35 : Orientation optimale des espaces intérieurs

Source : www.lecteurscompulsifs.com

II.2.2.1.E. Les choix des matériaux

Le choix des matériaux est un élément capital de la conception bioclimatique. Ils sont sélectionnés sur la base d'une bonne absorption des rayons lumineux, stockage de chaleur et la rapidité d'absorption et de restitution de la chaleur, comme, ils doivent assurer la régulation de l'humidité du logement et contribuent au confort. Ces matériaux doivent également être peu consommateurs d'énergie grise, sans danger pour la santé des habitants et dans la mesure du possible d'origine naturelle et locale¹².

II.2.2.2. Les stratégies de l'architecture bioclimatique

II.2.2.2.A. La stratégie du chaud

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud : capter la chaleur du rayonnement solaire, à stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant.¹³

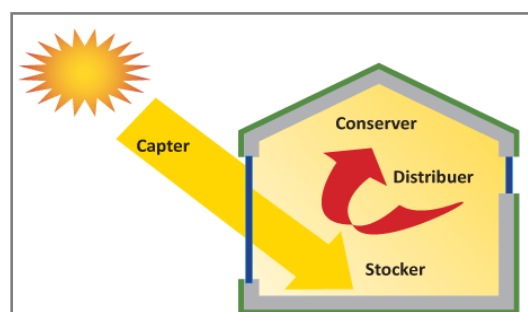


Figure 36 : Principe de la stratégie du chaud

Source : <https://www.remax-quebec.com>

⁹Alain LIEBARD& André De HERDE ; op.cit ; p 64.

¹⁰S.MAZOUZ, Eléments de conception architecturale, OPU, 4ème édition, 2008,p32.

¹¹MAZARI Mohammed ; op.cit ; p 36.

¹²Nadia Hayet, Matériaux et architecture durable, Ed, Dunod, Paris, 2013, p06, ISBN 978-2-10-056353-1.

¹³Alain LIEBARD& André De HERDE, op.cit, p 31.

II.2.2.2.B. La stratégie du froid

Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire, et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.¹⁴

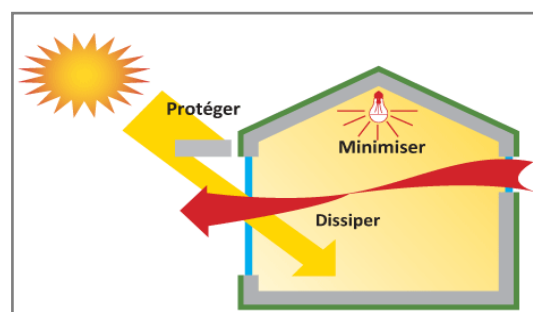


Figure 37 : Principe de la stratégie du froid

Source : www.lecteurscompulsifs.com

II.2.2.2.C. Stratégie de l'éclairage naturel

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie dans le bâtiment. La stratégie du confort visuel vise à mieux capter et faire pénétrer la lumière naturelle, puis à mieux la répartir et la focaliser. On veillera aussi à contrôler la lumière pour éviter l'inconfort visuel.¹⁵

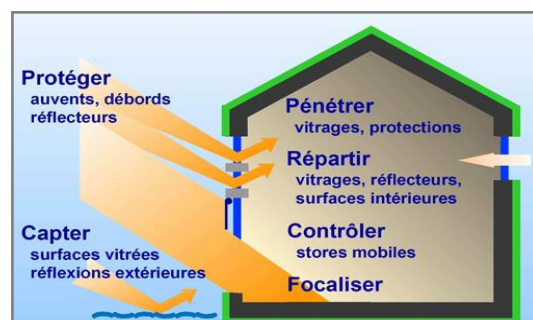


Figure 38 : Principe de la stratégie d'éclairage

Source : <https://www.jan-maison-passive.com>

II.2.2.3. Les objectifs de l'architecture bioclimatique

II.2.2.3.A. Le confort thermique

Le confort thermique est une notion complexe dont on peut donner les définitions suivantes :

- La notion de confort thermique, désigne l'ensemble des multiples interactions entre l'occupant et son environnement où l'individu est considéré comme un élément du système thermique.¹⁶
- Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis à vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement.¹⁷

La sensation de confort thermique est fonction de plusieurs paramètres :

- **Les paramètres physiques d'ambiance**, au nombre de quatre, sont la température de l'air, la température moyenne radiante, la vitesse de l'air, et l'humidité relative de l'air

¹⁴Alain LIEBARD & André De HERDE, op.cit, p 32b

¹⁵Ibid. p 49b

¹⁶Cantin, R. et al. Complexité du confort thermique dans les bâtiments, in actes du 6ème congrès européen de science des systèmes, tenu à Paris du 19 au 22 septembre 2005

¹⁷Alain LIEBARD & André De HERDE, op.cit, p 27b

- **Les paramètres liés à l'individu** au nombre de deux, sont le métabolisme et la vêtue.

La chaleur métabolique produite dans le corps humain peut être mise à profit d'une élévation de la température interne, ou bien être dissipée à l'extérieur dans le but de maintenir sa température aux alentours des 36.7°C nécessaires à l'équilibre. Ce dernier est atteint au moyen de cinq modes d'échange thermiques.

- **Les échanges de chaleur par conduction** La conduction concerne l'échange de chaleur par contact direct entre certaines parties du corps et une surface de température différente (le sol, les parois ou le mobilier). Par exemple un matériau effusif plus froid que la peau, par contact « pompe » de la chaleur au corps humain en donnant une sensation de froid¹⁸
- **Les échanges de chaleur par convection** La convection est le transfert de chaleur entre la peau et l'air qui l'entoure. Elle dépend de la différence entre la température de l'air et celle de la surface exposée, peau ou vêtement. Si la température de la peau est supérieure à la température de l'air, la peau va se refroidir. Dans le cas contraire, elle va se réchauffer.
- **Les échanges de chaleur par rayonnement** L'échange par rayonnement est le mode d'échange de chaleur à distance entre deux corps par ondes électromagnétiques. Il s'agit principalement d'échanges, entre la surface du corps et les surfaces de la pièce. Ainsi, des inconforts froids peuvent être perçus par rayonnement à proximité des parois froides (exemple: mur mal isolé, fenêtre simple vitrage).

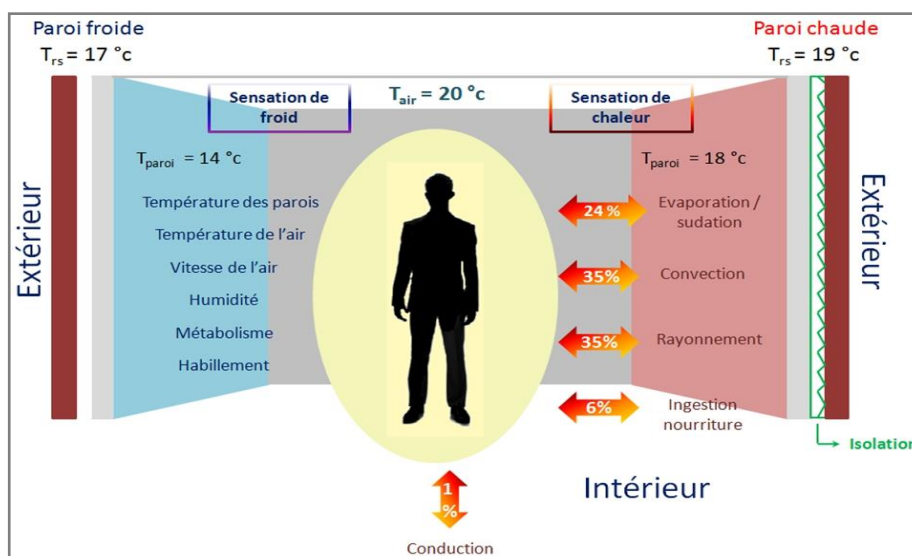


Figure 39 : Les paramètres influant le confort thermique

Source : <https://www.chsct-formations.org>

¹⁸Fernandez, P, et Lavigne, P. Changement d'attitude pour concevoir un cadre bâti bioclimatique : une contribution au développement durable, Techniques de construction, CTQ 013, éditions du moniteur, 2010

II.2.2.3.B. L'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique c'est réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utiliser l'énergie à qualité de vie constante (Salomon, et al., 2004).¹⁹ Appliquée au domaine à l'architecture, elle désigne l'ensemble des technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie du bâtiment tout en maintenant un niveau de confort final équivalent pour les usagers. L'objectif de l'efficacité énergétique est donc de « faire mieux avec moins ».

Si le secteur du bâtiment est aujourd'hui le secteur le plus énergivore, il présente d'autre part le plus important potentiel d'économie d'énergie que la politique d'efficacité énergétique peut contribuer dans une large mesure à optimiser. Pour cela nous devons réfléchir aux procédés qui permettront la réduction des dépenses énergétique.

II.2.3. Solutions bioclimatique pour une efficacité énergétique

II.2.3.1. Procèdes passifs

Ils consistent à accroître les qualités intrinsèques d'un bâtiment afin d'optimiser l'utilisation des énergies qui lui sont fournies. Ce sont des procédés capable de fonctionner seuls, sans apports d'énergie extérieure et qui implique des techniques simples sans appareillages.

II.2.3.1.A. Procèdes de rafraichissement passif

On peut définir le rafraîchissement passif comme l'ensemble des techniques qui permettent de réduire le sur-échauffement d'un espace à travers le contrôle thermique et des méthodes naturelles de rafraîchissement.

Les systèmes de rafraîchissement passifs peuvent être classifiés en quatre grandes familles distinctes par rapport aux 'puits thermiques¹' vers lesquels est canalisée la chaleur en excès : géothermiques, par ventilation, par évaporation et radiatifs.

- **Par ventilation** (le puits thermique est l'air) Quand l'air passe près d'un corps avec une température plus élevée, ce dernier cède une partie de ses calories, apportant du rafraîchissement. La ventilation naturelle est le moyen de ventiler le plus élémentaire. Celle-ci est basée sur le simple fait que l'air chaud monte pour être évacué

¹⁹DJERROUFI Mohammed El Amin, Management de l'efficacité énergétique dans le bâtiment, mémoire pour l'obtention du diplôme de master en génie civil option civil engineering management, Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen p16

automatiquement par des ouvertures disposées à des endroits stratégiques. Ce principe nécessite alors aucune source d'énergie et s'effectue sans aucune nuisance sonores.

Les moyens de mettre « naturellement » l'air en mouvement sont connus depuis longtemps, ces moteurs sont :

- **Le tirage thermique** : Il résulte des forces ascensionnelles de masses d'air chauffées placées dans un environnement plus froid.
- **La pression éolienne** : Quand le vent rencontre un bâtiment, il comprime l'air sur les parois qui lui font face et crée, en général, des dépressions sur les autres. Les passages qui mettent en communication le logement avec l'extérieur (grilles de ventilation, débouchés des conduits en toiture...) sont soumis à des pressions différentes qui entretiennent une circulation de l'air à travers le logement.
- **Géothermique** (le puits thermique est le terrain) : réalisé en utilisant la température du terrain de manière directe, les bâtiments sont hypogés, ou de manière indirecte avec des conduits hypogés à eau ou à air.
- **Par évaporation** (le puits thermique est l'eau) Le phénomène du rafraîchissement est dû au changement d'état de l'eau qui passe de l'état liquide à l'état gazeux. Ce processus conduit à une réduction de la température. Le potentiel de rafraîchissement par évaporation est très élevé, mais il est utilisable seulement dans des conditions de faible humidité relative.
- **Radiatif** (le puits thermique est le ciel nocturne) : Le rafraîchissement radiatif se base sur la propriété des corps à transférer par radiation de la chaleur vers des objets de température inférieure. Comme le soleil dans la journée rayonne sur la terre en la réchauffant, de la même manière, la terre pendant la nuit rend une partie de la chaleur accumulée.

Le concepteur devra mettre en place des systèmes aptes à exploiter le potentiel de rafraîchissement des différents puits thermiques disponibles dans le site en les adaptant aux nécessités des usagers.

II.2.3.1.B. Procèdes de chauffage passif

- **Le chauffage solaire direct** : Le soleil peut contribuer au chauffage des bâtiments en hiver, par effet de serre au droit des parois vitrées ou au réchauffement des parois opaques.²⁰ Ces apports solaires dépendent de la course relative du soleil, de l'orientation des surfaces insolées, de l'ombrage permanent et des caractéristiques de transmission et d'absorption solaires de ces surfaces.
- **Le chauffage par géothermie** : C'est, ici, l'inertie thermique du sol qui est recherchée et qui peut être exploitée soit :
 - En enterrant tout ou une partie du bâtiment
 - Par la mise en œuvre d'un réseau de conduites souterraines dont les bouches d'entrée d'air sont réparties à proximité du bâtiment. En été, l'air chaud y est admis pour être rafraîchi car la température du sol est inférieure à celle de l'air. En hiver, le phénomène s'inverse et l'air frais s'y préchauffe.

II.2.3.2. Procèdes actifs

Il s'agit de procédés nécessitant, pour leur fonctionnement, l'apport d'une énergie extérieure et qui implique des technologies assez lourdes. Ils visent à utiliser l'énergie « juste nécessaire » par une gestion active des équipements.

II.2.3.2.A. Procèdes de rafraîchissement actif

- **La ventilation mécanique contrôlée** : La ventilation mécanique contrôlée ou VMC : dispositif de renouvellement de l'air assuré par un groupe d'extraction qui, par dépression, aspire l'air dans les pièces « humides » (cuisine, salle de bains et WC), où les nuisances sont les plus fortes. Cet air vicié, chargé d'humidité, de fumée et de poussière, est rejeté à l'extérieur. De l'air neuf est introduit dans les pièces principales (chambres, salon et séjour). Selon la méthode d'admission de l'air neuf, on distingue :
 - **VMC simple flux** : le système est mis en dépression par un extracteur d'air. Un ventilateur placé dans les combles ou en toiture, aspire l'air par des conduits placés dans les pièces humides. La circulation de l'air est à sens unique, de l'intérieur vers l'extérieur et le contrôle du volume d'air

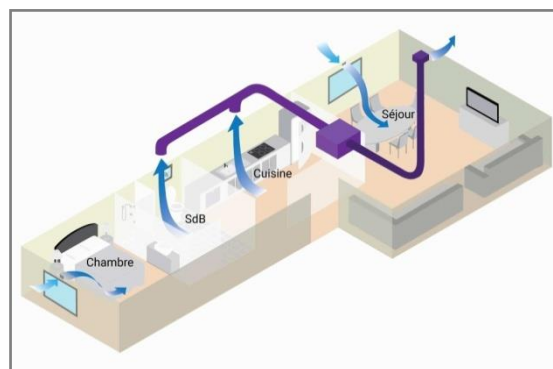


Figure 40 : Système de VMC simple flux

Source : <https://www.isolhome.be>

²⁰Alain LIEBARD & André De HERDE p 87a

renouvelé par heure se fait manuellement par les occupants.

- **VMC double flux :** La ventilation de type double-flux, permet quant à lui d'insuffler de l'air frais dans les pièces sèches (salon, chambres), l'extraction se fait de la même manière qu'en simple flux par les pièces humides. De plus, ce système permet de limiter les déperditions thermiques liées au renouvellement de l'air. L'air froid provenant de l'extérieur est amené dans la maison à l'aide d'un réseau de gaines. Filtré, l'air neuf traverse un échangeur thermique et récupère environ 90% de la chaleur de l'air vicié évacué avant d'être distribué dans les pièces de vie.

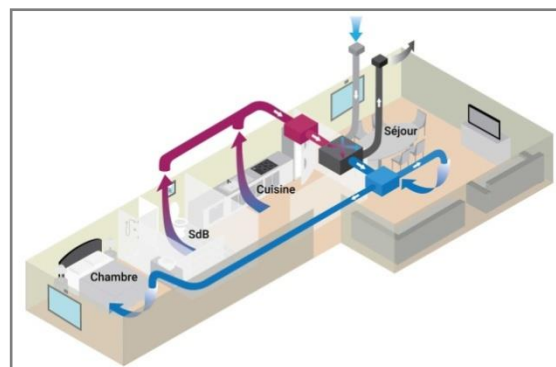


Figure 41 : Système de VMC double flux

Source : <https://www.isolhome.be>

II.2.3.2.B. Procèdes de chauffage actif

• Pompe à chaleur

Une PAC est une machine thermodynamique qui puise la chaleur d'un milieu naturel appelé « source froide » (eau, air, sol) dont la température est inférieure à celle du local à chauffer. Elle transfère ensuite cette énergie à un fluide caloporteur au niveau d'un évaporateur afin d'assurer le chauffage et souvent aussi la production d'eau chaude sanitaire. Le fluide change d'état et se transforme en vapeur qui est comprimée dans un compresseur, augmentant ainsi sa température. C'est au niveau du condenseur (4) que la vapeur en se condensant transmet sa chaleur au milieu à chauffer (5). Puis la température du fluide s'abaisse fortement dans un détendeur (6) le rendant prêt pour une nouvelle absorption de chaleur, le cycle peut recommencer. Il existe aujourd'hui des pompes à chaleur dites réversibles qui permettent de produire du chaud et du froid.

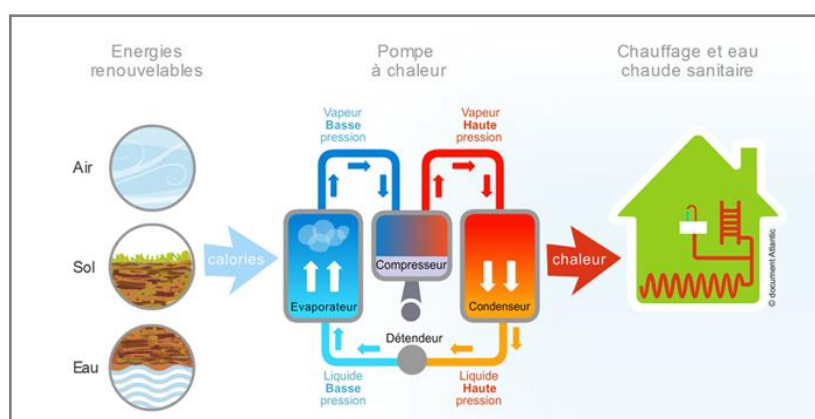


Figure 42 : Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur

Source : <https://ma-maison-eco-confort.atlantic.fr>

II.2.3.3. Dispositifs de contrôle thermique

II.2.3.3.A. Les protections solaires

Ce sont des intercepteurs des rayonnements du soleil qui prennent en considération la course de ce dernier, afin d'être performants en été et ne pas masquer ses rayons en hiver. Ils peuvent être de trois types: (voir dans les schémas ci-contre) :

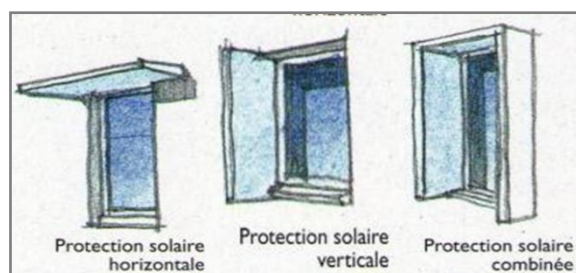


Figure 43 : Types de brise soleil

Source : www.pinterest.com

- **Les pare-soleil verticaux** offrent une protection efficace contre les rayonnements bas de l'est et de l'ouest.
- **Les brises solaires horizontaux** sont préconisées pour les façades sud.

II.2.3.3.B. La toiture végétalisée

La toiture végétalisée est un concept utilisant de la terre et des végétaux en remplacement de l'ardoise et de la tuile. Ce mélange permet de réaliser une isolation phonique, une étanchéité à l'air et à l'eau, une résistance au vent et au feu, à l'aide de matériaux facilement disponibles. L'intérêt des toitures végétalisées est particulièrement sensible en saison estivale. Elles permettent de diminuer l'absorption d'énergie solaire contribuant ainsi au maintien d'une température intérieure stable et plus fraîche.

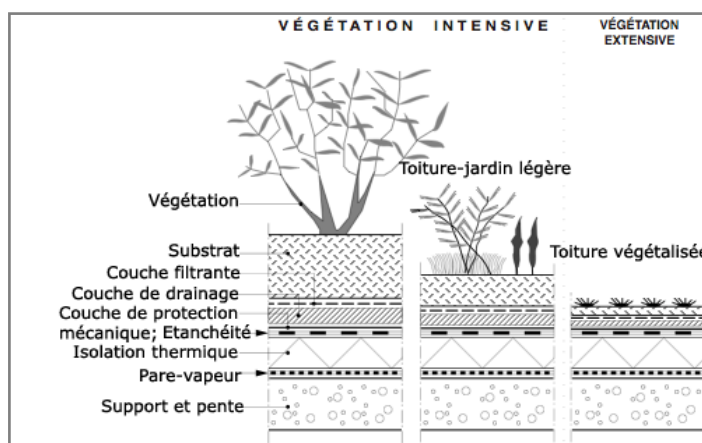


Figure 44 : Types de toiture végétalisée

Source : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr>

II.2.3.3.C. Réduction des apports internes

Le bilan énergétique d'un local fait intervenir des apports de chaleur externes et internes. Les sources de chaleur liées à l'environnement intérieur sont : les occupants, l'éclairage, les appareils électriques ou à gaz et l'évaporation de l'eau. Il est assez rare que ces gains de chaleur internes soient simultanés ou atteignent au même moment leur maximum. Il s'agit donc d'une source de chaleur diffuse dans le bâtiment. Par contre, leur superposition à d'autres sources de chaleur (rayonnement solaire direct) peut conduire à une élévation excessive de la température et à une situation d'inconfort.

II.2.4. Les solutions bioclimatiques mises en œuvre dans notre projet

II.2.4.1. Au niveau du plan masse

• Les dalles

L'implantation de notre projet en gradin sur les dalles permet un ensoleillement optimal des façades orientées au sud. Les dalles constituent également un dispositif de rafraîchissement par canalisation et déshumidification des brises marines. Dans une démarche de développement durable, elles permettent également d'enterrer les parkings.

• Les failles

Les failles de notre projet ont été pensées de telle sorte à favoriser l'ensoleillement et la ventilation des espaces extérieurs en canalisant les vents frais d'été par effet VENTURI. Elles permettent également d'assurer une continuité visuelle depuis le projet vers la mer.

• Les Formes

Les formes aérodynamiques que nous avons adoptées au Nord-ouest ont pour rôle la protection contre les vents froids d'hiver.

• Les parois en terre cuite

En plus de leur apport esthétique, les parois en terre cuite jouent le rôle de régulateurs hygrométrique en retenant l'excès d'humidité qui se forme la matinée pour le restituer en fin d'après-midi.

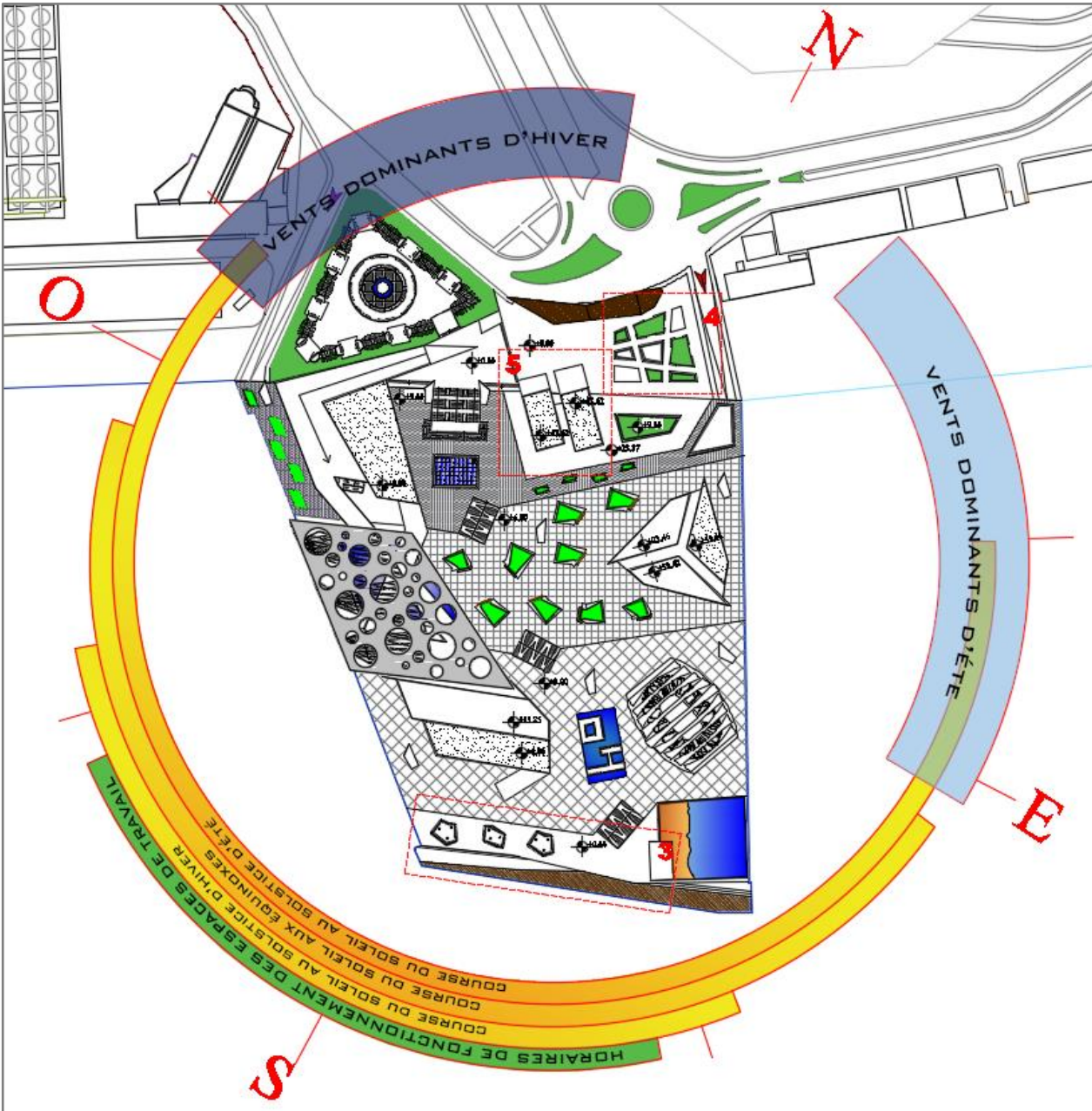


Figure 45 : Plan masse bioclimatique du projet
Source : Auteurs

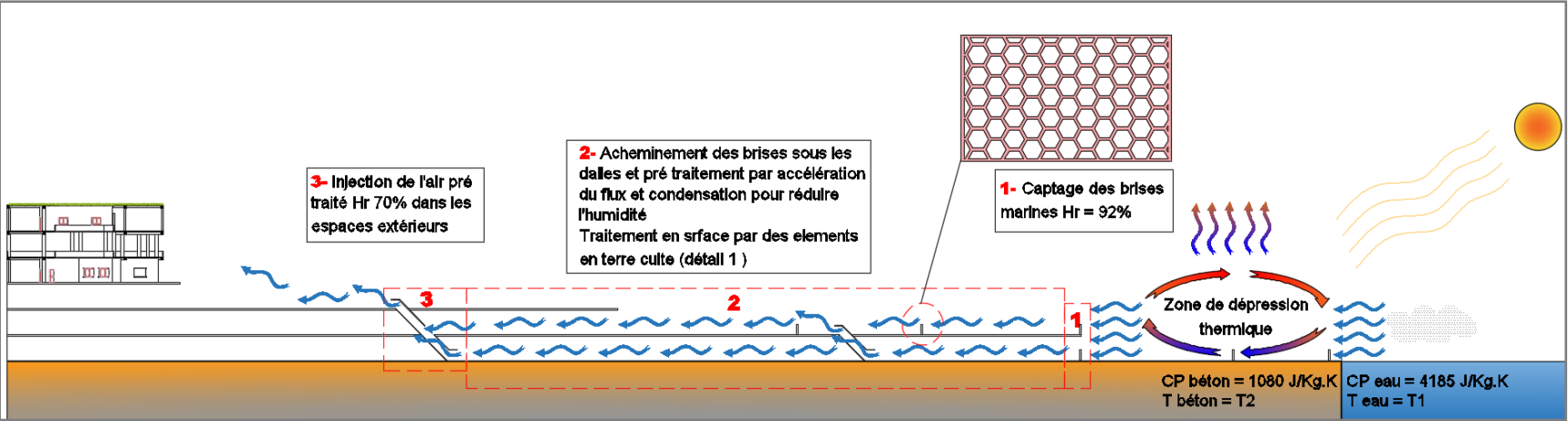


Figure 46 : Coupe bioclimatique du projet
Source : Auteurs

II.2.4.2. Entité culture environnementale

Fiche technique climatique			
Usage	Exposition	Ecole	Administration
Surface	2112.60	1803.50	5613.70
Volume	22290.60	7351.80	18154.70
Coefficient de forme	0.094	0.24	0.3
Taux de vitrage	20%	50%	70%

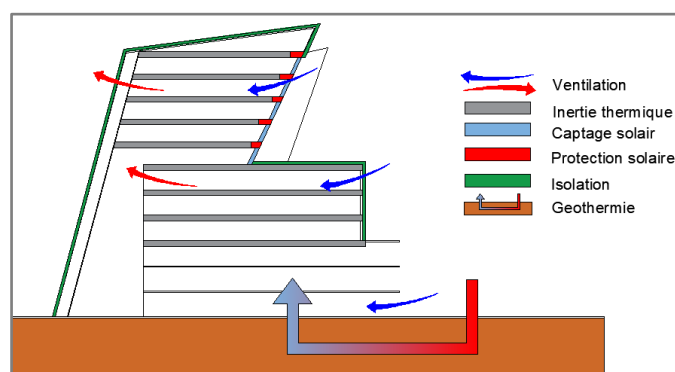


Figure 47 : Coupe récapitulative

Source : Auteurs

II.2.4.2.A. Procèdes de rafraîchissement passif

Une bonne ventilation permet d'apporter un air neuf tout en évacuant l'air vicié ainsi que les odeurs et polluants provenant majoritairement de l'intérieur du bâtiment. Le renouvellement d'air est donc indispensable pour maintenir le confort et l'hygiène des bâtiments. Cependant l'étude climatique de notre site a révélé des taux d'humidité relative importants (allant jusqu'à...) nettement supérieures aux recommandations de confort et d'hygiène. Une ventilation directe par les systèmes classiques peut avoir des conséquences néfastes sur le bâtiment ainsi que sur la santé des occupants causant à long terme le « syndrome du bâtiment malsain ». Face à cette contrainte, nous avons mis en œuvre un ensemble de systèmes de ventilation qui tirent profit des potentialités de notre site et qui permettent de traiter l'air en amont.

- **Ventilation par atrium assistée par un système de déshumidification**

L'atrium permet de remplir de nombreuses fonctions, en amenant de la lumière naturelle notamment. Il joue également un rôle dans la ventilation naturelle, car il agit comme une cheminée solaire géante. De plus, l'intérêt de l'atrium est que le volume de bâtiment que l'on peut ventiler naturellement est doublé puisque

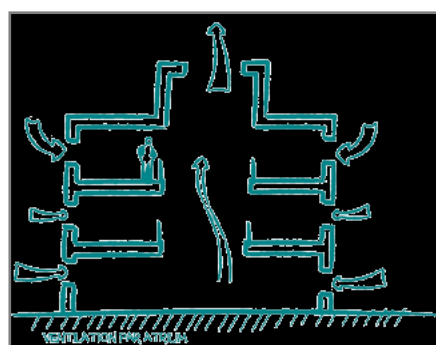


Figure 48 : Ventilation par atrium

Source : www.asso-iceb.org

l'entrée d'air se fait des deux côtés du bâtiment, tandis que l'extraction se fait au milieu.

- Mise en œuvre dans le projet

Ce système mis en œuvre au niveau de l'école d'éducation à l'environnement nous permet d'assurer à la fois les taux de ventilation et d'éclairage naturel nécessaires aux fonctions qu'accueille cette entité. Pour cela nous avons jumelé le système de ventilation par atrium à un système de captage et de déshumidification des brises marines. Ce système fonctionne selon les étapes suivantes :

-**Captage** : les brises marines sont captées au niveau des dalles au moyen d'un capteur à air après avoir subi un premier prétraitement par accélération de la vitesse.

- **Acheminement et traitement** : Des vides d'Archimède permettent d'acheminer les brises le long d'un conduit de condensation. Lors de cette étape, l'eau contenue dans l'air se condense et est récupérée par l'inclinaison du conduit. L'air est ainsi traité et son taux d'humidité est rapporté aux normes de confort et d'hygiène.

- **Injection** : l'air est ensuite injecté dans les espaces intérieurs à travers des orifices placés en partie basse des espaces.

- **Evacuation** : Après dilution des brises dans les espaces, l'air chaud et pollué converge vers l'atrium et s'évacue en partie haute par effet thermique.

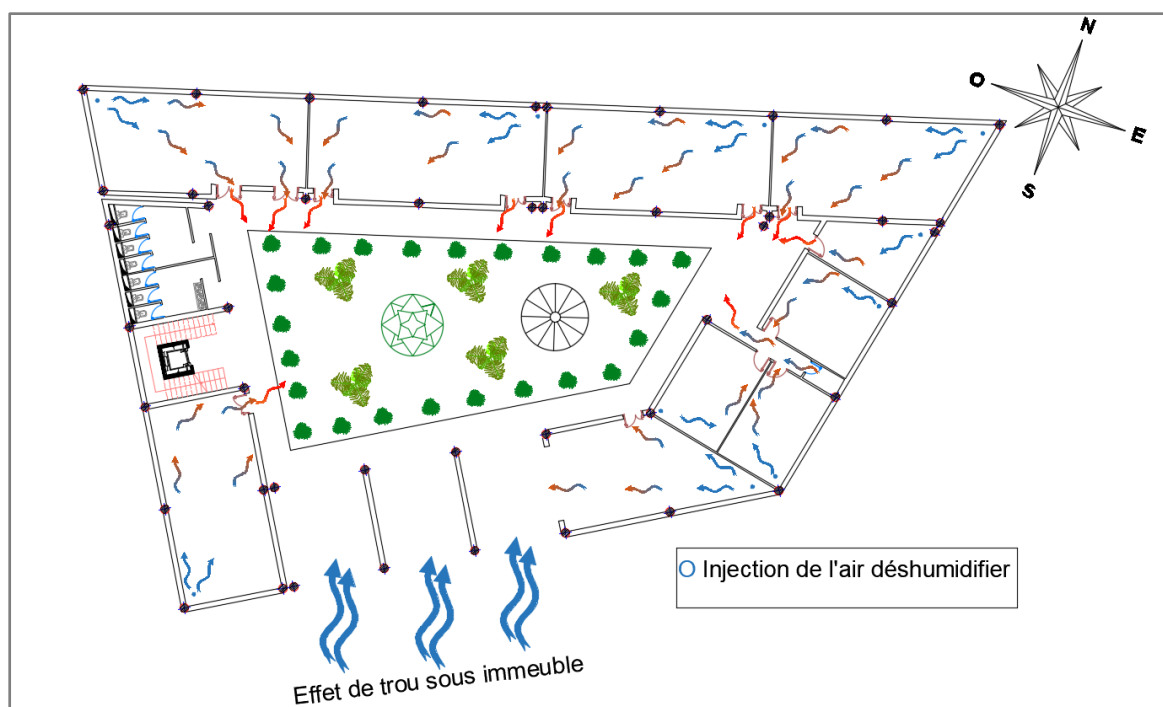


Figure 49 : Circulation de l'air dans l'entité éducation

Source : Auteurs

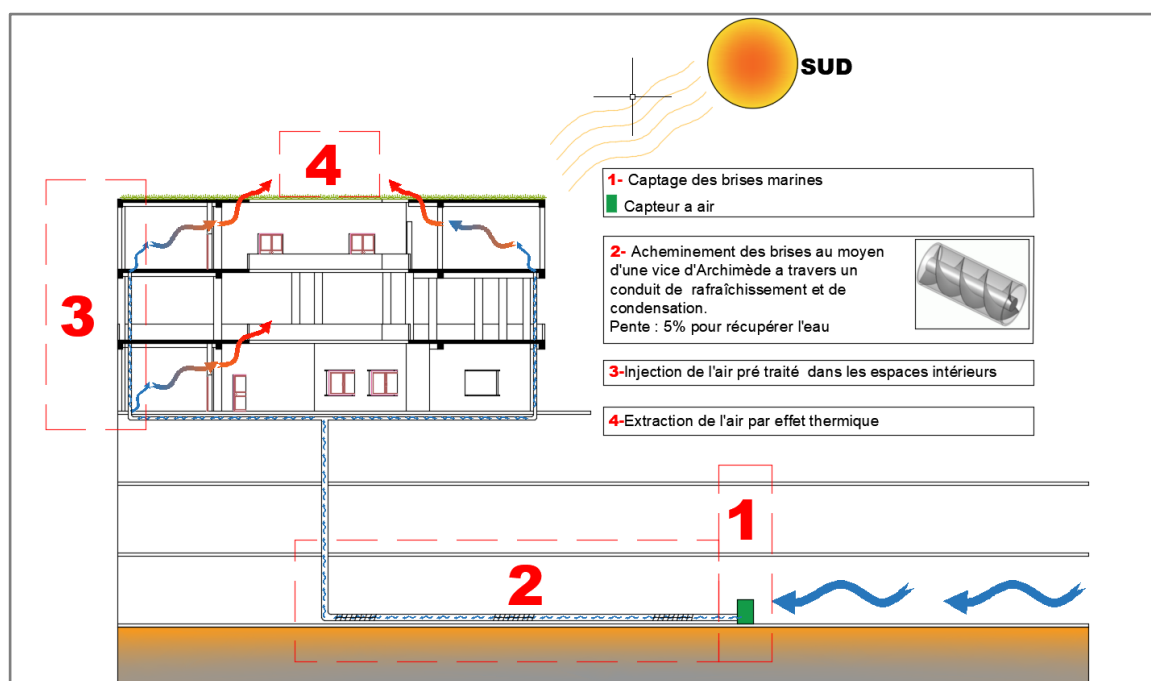


Figure 50 : Coupe du système de ventilation par atrium assistée par un système de déshumidification
Source : Auteurs

- **Ventilation par façade double peau assistée par cheminée**

-Façade double peau

Les façades double peau aussi appelée « double façade ventilée » sont composées de deux façades généralement vitrées et séparées par une cavité de quelques centimètres à plusieurs mètres dans certains cas. Ce dispositif permet de réchauffer l'air intérieur en hiver et de réguler la température dans la cavité en été pour éviter la surchauffe. Dans sa configuration pour la ventilation, l'effet de serre au sein de la façade crée une différence de température entre l'extérieur et la cavité. La circulation de l'air au sein de la paroi est obtenue grâce au phénomène de tirage thermique.

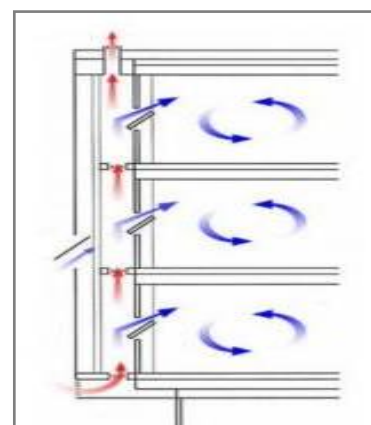


Figure 51 : Ventilation par façade double peau

Source : <https://www.m.french.structural-steelbuilding.com>

-Ventilation par cheminée

C'est une ventilation qui repose sur l'effet de tirage thermique, et qui peut être assistée par le vent si la sortie est conçue pour être toujours dans des zones de pression négative. La ventilation se fait dans l'espace ciblé, puis est extraite le long de conduits verticaux. C'est un cas de

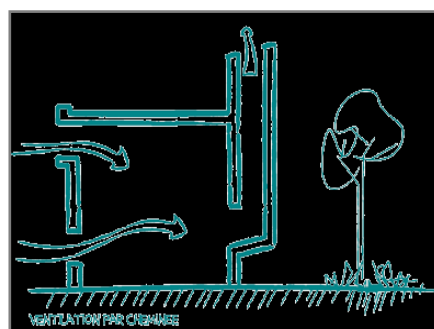


Figure 52 : Ventilation par cheminée
Source : www.asso-iceb.org

ventilation transversale, donc la règle de moins de 5 fois la hauteur sous plafond pour la longueur de la zone ventilée.

- Mise en œuvre dans le projet

Nous avons opté pour la façade double peau au niveau des tours administratives pour plusieurs raisons. En plus de répondre aux besoins de ventilation naturelle, elle aura pour fonction dans notre cas le traitement de l'air humide avant de l'injecter dans les bâtiments. L'intégration de la cheminée thermique dans ce système permet de renforcer le phénomène de tirage thermique et d'avoir une meilleure circulation de l'air. Les vents captés sur la façade Est ainsi que les brises marines sont acheminés à travers des canaux opaques intégrés à la façade double peau. Cela permet de condenser la vapeur d'eau présente dans l'air et de réduire l'humidité relative. L'air vicié sera évacué par le volume d'articulation entre les deux tours qui fait office de cheminée solaire et dont la sortie d'air a été conçue afin d'être orientée vers la zone de dépression (Ouest).

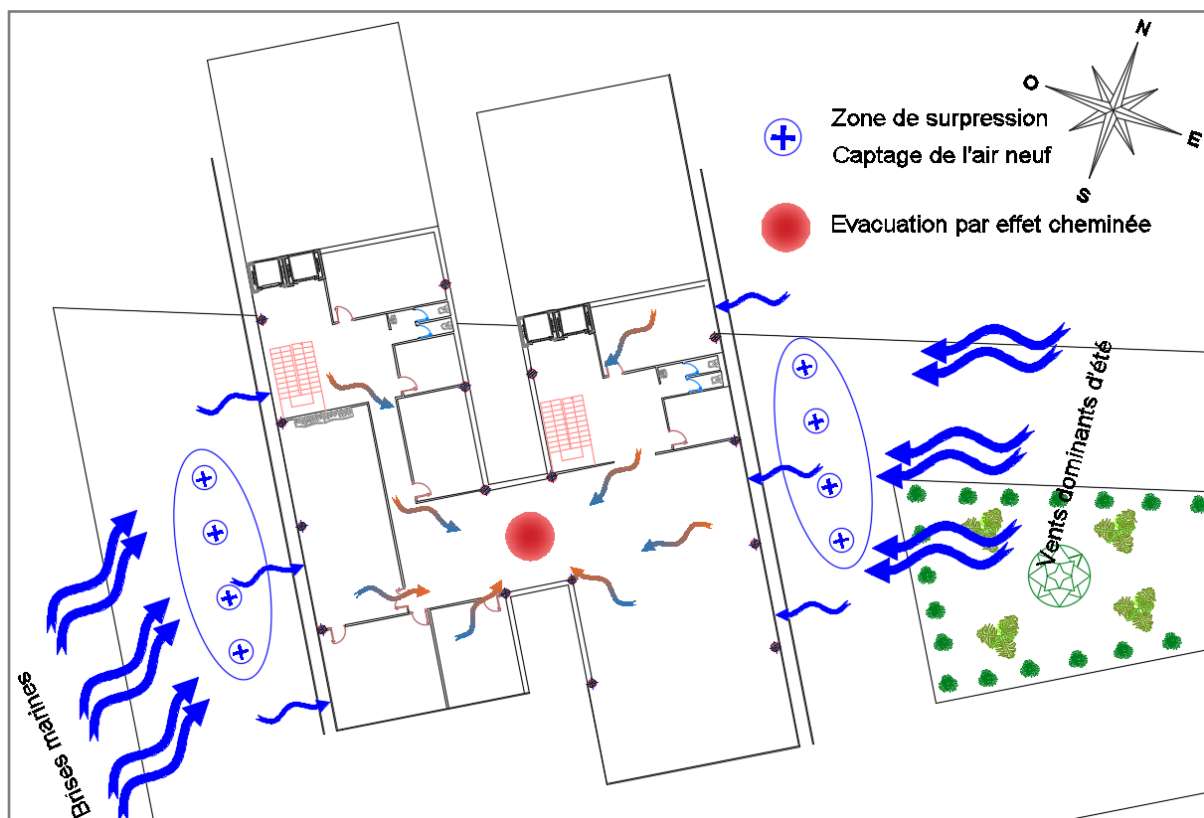


Figure 53 : Circulation de l'air frais dans les tours administratives

Source : Auteurs

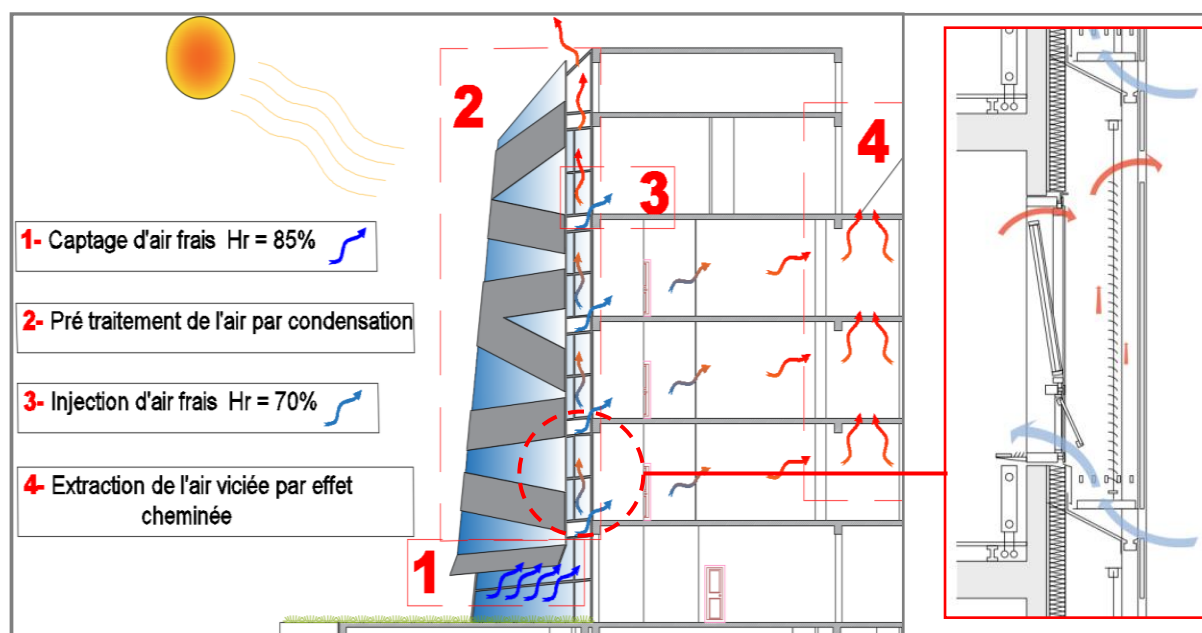


Figure 54 : Coupe du système de ventilation par façade double peau assistée par cheminée

Source : Auteurs

II.2.4.2.B. Procèdes de chauffage passif

- **Façade double peau**

Dans sa configuration pour le chauffage, la façade double peau agira comme une serre passive en produisant de la chaleur par effet de serre. Elle permet de préchauffer l'air introduit dans le bâtiment et par conséquent de diminuer les pertes thermiques liées au renouvellement d'air.

- **Mise en œuvre dans le projet**

Nous avons choisi d'appliquer ce système au niveau de la façade Sud-Sud Ouest des tours administratives, cette orientation permettant un fonctionnement optimal du système. En plus d'améliorer l'esthétique de l'entité en créant un aspect « high-tech » apprécié dans les bâtiments tertiaires, la façade double peau s'inscrit dans une stratégie d'éclairage naturel par l'optimisation du facteur de lumière du jour contribuant ainsi à diminuer les consommations liées à l'éclairage très importantes dans les blocs administratifs, notamment en période hivernale.

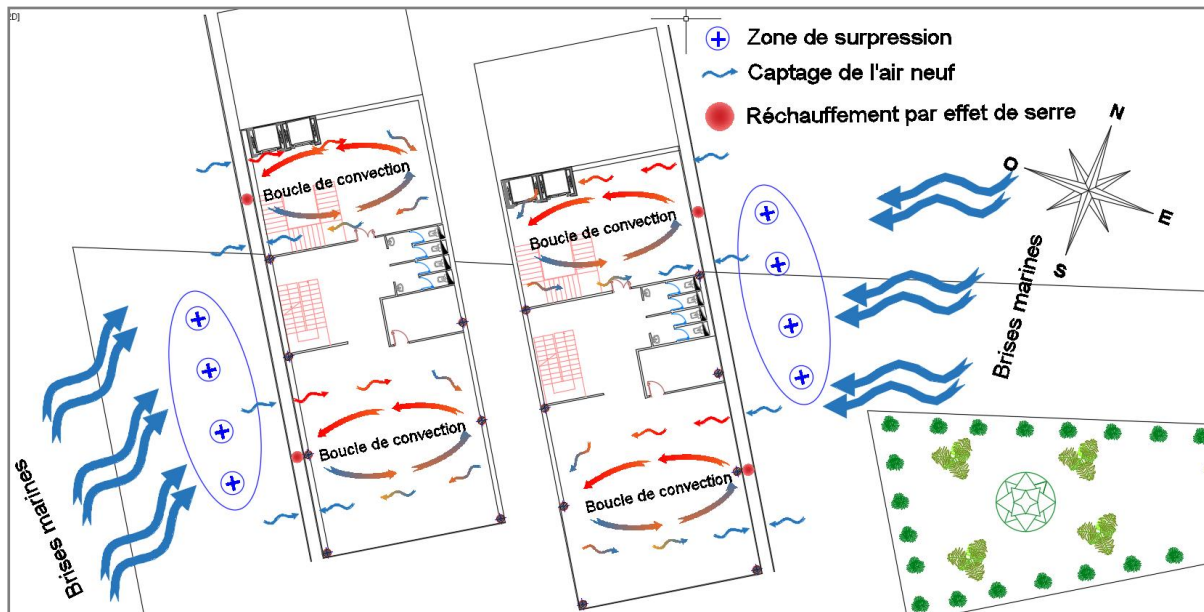


Figure 55 : Circulation de l'air chaud dans l'entité éducation

Source : Auteurs

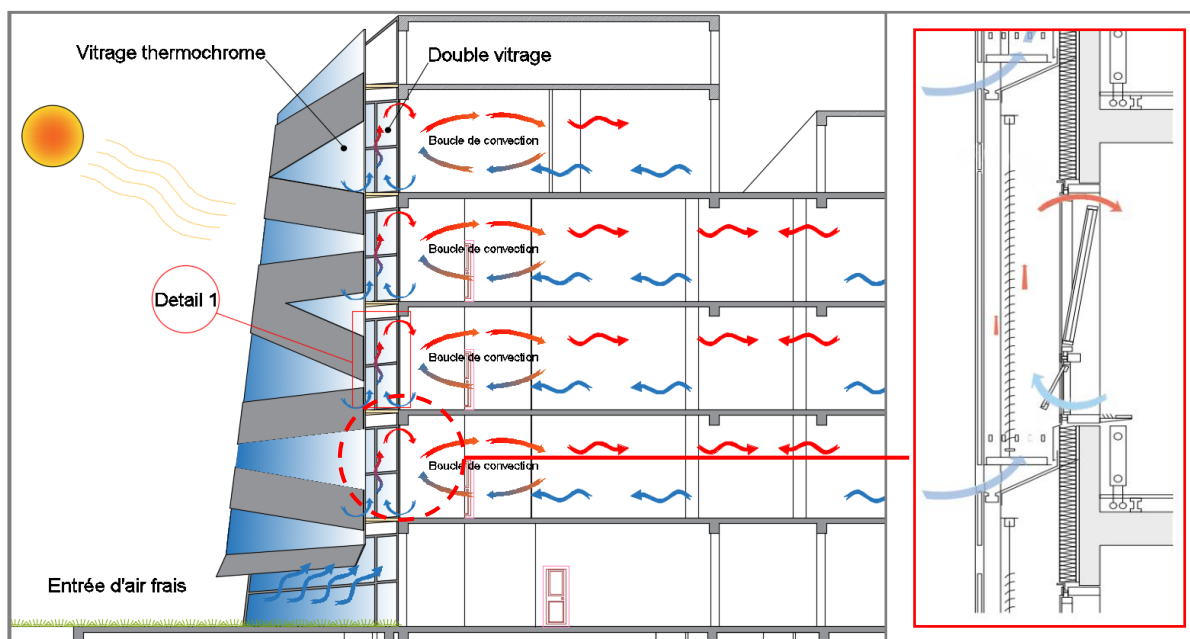


Figure 56 : Coupe du système de chauffage par façade double peau

Source : Auteurs

II.2.4.2.C. Dispositifs de contrôle thermique

• Brise soleil

Afin d'éviter la surchauffe des espaces intérieurs en été, il est indispensable de prévoir des protections solaires sur les surfaces vitrées orientées à sud. Etant le type de protection le plus efficace sur cette orientation. Notre choix a

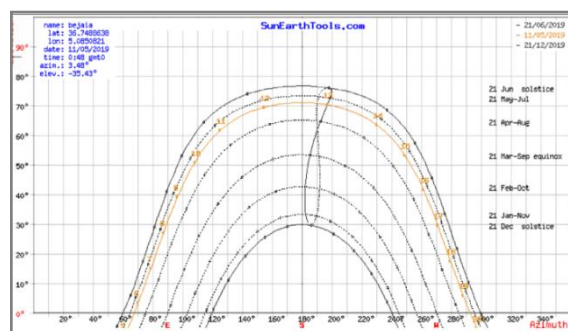


Figure 57 : Diagramme solaire de l'assiette

Source : <https://www.sunearthtools.com>

été porté sur des brises soleil horizontaux.

Nous avons dimensionné ces protections fixes de sorte à ce qu'elles permettent une admission du soleil pendant la période où il n'engendre pas d'effets thermiques indésirables. L'étude climatique que nous avons effectuée nous a permis de constater que cette période s'étend d'octobre à avril. Enfin nous nous sommes référés au diagramme solaire afin de déterminer la hauteur du soleil pour le dimensionnement, soit 65° correspondant à une journée type du 21 Avril à 12:00h.

$$\tan(\alpha) = L/h \quad \Rightarrow \quad L = \tan \alpha \times h \quad \text{avec : } \alpha = (90^\circ - 65^\circ) = 25^\circ$$

$$h \text{ (hauteur d'étage)} = 3.96\text{m}$$

$$\text{Donc : } L = \tan 25 \times 3.96 = 1.85\text{m}$$

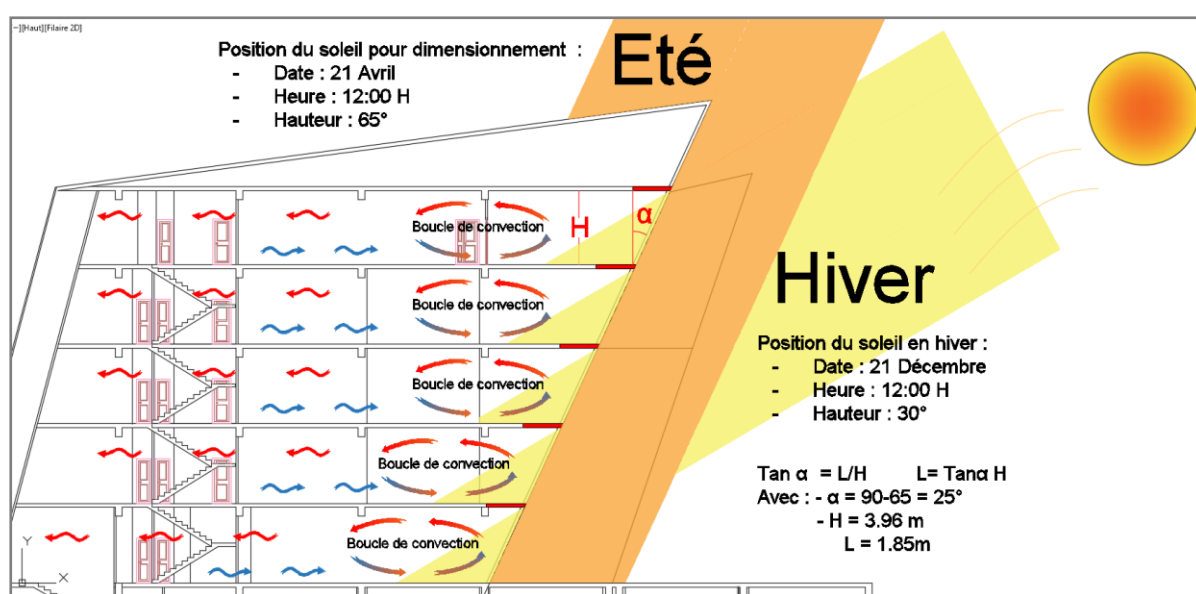


Figure 58 : Dimensionnement des brises solaires
Source : Auteurs

• Réduction des apports internes

Les apports internes, notamment électriques, constituent la source principale d'apport d'énergie à l'intérieur des bâtiments de bureaux. Réduire ces apports présente le double avantage de diminuer leur consommation électrique propre tout en augmentant le confort (réduction des charges thermiques). Les apports internes dans des immeubles de bureaux correspondent principalement aux usages éclairage et bureautique. C'est dans cette optique que s'insèrent déjà la façade double peau et l'atrium de l'école d'éducation à l'environnement. Nous avons également doté cette entité de tubes solaires.

- Tubes solaires

Ce sont des systèmes écologiques où la lumière naturelle est capturée et guidée en utilisant un tube revêtu, intérieurement, par un matériau ultra-réfléchissant qui minimise la dispersion des rayons du soleil et permet un approvisionnement de la lumière sur des distances considérables sans transmission de chaleur ou de froid.



Figure 59 : Tube solaire

Source : <https://www.maisoncreative.com>

II.2.4.2.D. Dispositifs bioclimatiques actifs

• Les fondations thermoactives pour transformer une contrainte en un atout

Le principe des fondations thermoactives ou géo structures est simple. Il consiste, pour les pieux par exemple, à y intégrer lors de leur fabrication un système de captage de l'énergie constitué d'un réseau de tubes en polyéthylène noyé dans le pieu, renforcé par une armature en fer, et dans lequel il est possible de faire circuler en circuit fermé un fluide caloporteur (de l'eau complétée de glycol). Le système de captage de l'énergie est connecté à une pompe à chaleur et fonctionne comme suit :

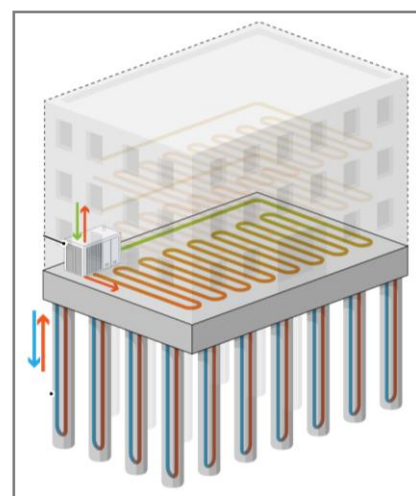


Figure 60: Fondations thermoactives

Source : <https://www.sciences-en-ligne.net>

Pendant l'hiver, la pompe à chaleur extrait l'énergie du sous-sol par le biais des fondations thermoactives et la restitue, avec élévation de la température, au bâtiment, ce qui permet d'en assurer le chauffage.

Le rafraîchissement est réalisé de deux manières différentes, soit directement, soit à l'aide de la pompe à chaleur si celle-ci est réversible.

Le rafraîchissement direct (appelé aussi géo-cooling) consiste à relier le circuit des fondations thermoactives au circuit de distribution de froid du bâtiment par un échangeur de chaleur conventionnel. Aucune machine thermodynamique (pompe à chaleur) n'est alors nécessaire. Dans les deux cas, le rafraîchissement du bâtiment permet une recharge thermique du sol.

- Mise en œuvre dans notre projet

Nous avons adopté ce système dans notre projet car il permettra de rentabiliser le coût élevé de la reconstitution du sol. Ainsi, en plus de remplir son rôle de portance,

l'infrastructure permettra des échanges thermiques entre le bâtiment et le sol et constituera une masse considérable de stockage thermique. Les économies effectuées sur les factures énergétiques permettront de réduire considérablement la durée de retour sur investissement de notre projet.

Nous exploitons l'énergie thermique fournie par ce système à travers la mise en œuvre d'un plancher réversible.

- Plancher réversible

Un plancher chauffant-rafraîchissant est un système de chauffage et de climatisation repartit qui présente l'intérêt d'utiliser une pompe à chaleur réversible pour produire indifféremment du chaud en hiver et du frais en été. Le principe est d'incorporer dans le sol des canalisations dans lesquelles circule un fluide caloporteur.

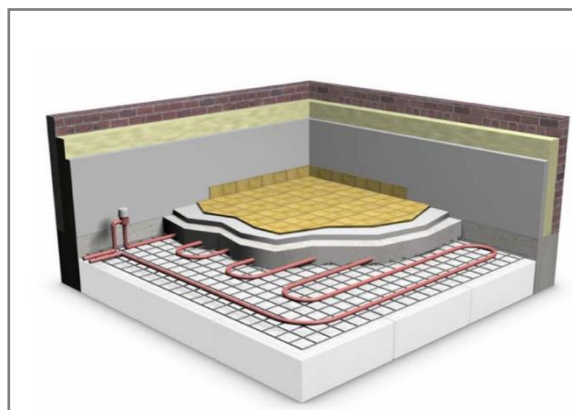


Figure 61 : Plancher réversible

Source : <https://www.plancher-chauffant.ooreka.fr>

En hiver ce système va permettre de réchauffer la dalle qui va restituer la chaleur dans les espaces de manière homogène par rayonnement.

En été, la température du liquide dans les canalisations comprises entre 18°C et 22°C, va refroidir la dalle et ainsi abaisser la température des espaces. Pour une meilleure efficacité en été, des destratificateurs à air permettront de brasser l'air pour une température homogène.

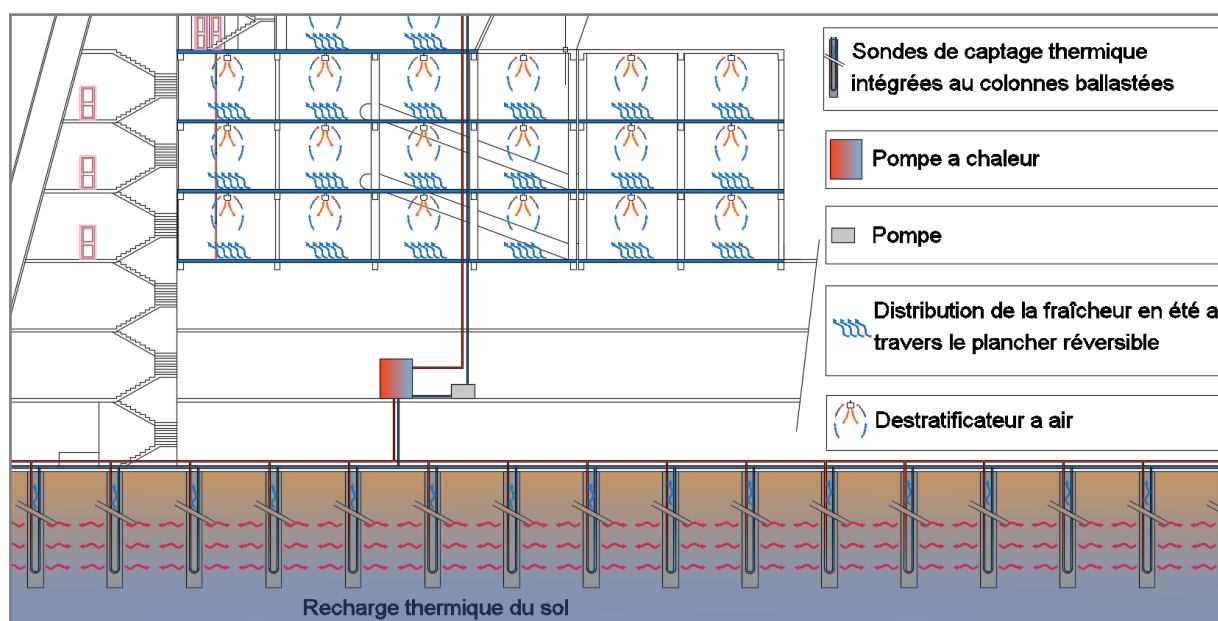


Figure 62 : Fonctionnement du système de rafraîchissement par fondations thermoactives

Source : Auteurs

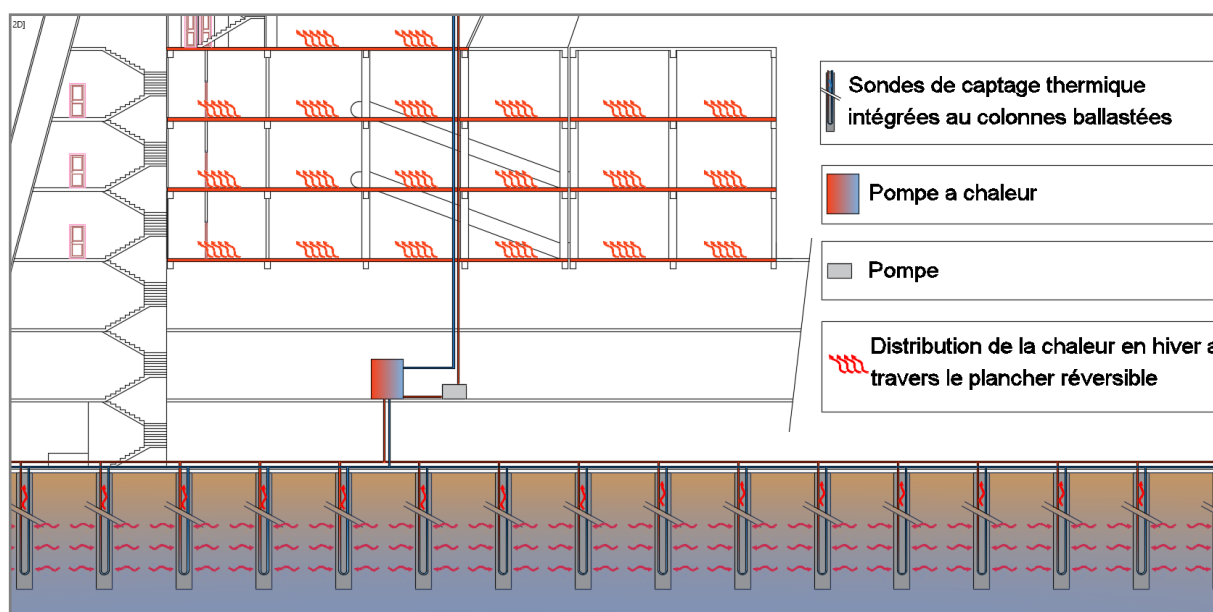


Figure 63 : Fonctionnement du système de chauffage par fondations thermoactives

Source : Auteurs

La succession des éléments, de la partie inférieure à la surface, est comme suit :

- 4 cm de ravaillage ;
- 3 cm de hauteur pour l'isolant à plots ;
- 5 cm pour la chape d'enrobage ;
- 4 cm pour la chape de pose ;
- 2 cm de revêtement.

• La VMC

Dans le cas d'une VMC hygroréglable, le débit de ventilation est adapté en fonction du taux d'humidité. La section des entrées d'air est modulée automatiquement grâce à un volet de réglage couplé à une tresse en nylon sensible à l'hygrométrie. Le renouvellement de l'air est ajusté au plus près des besoins ce qui optimise les consommations d'énergie que ce soit au niveau du chauffage (moins d'air chaud extrait) ou de la consommation électrique du moteur (moins puissant).

- Mise en œuvre dans notre projet

Nous avons eu recours à la ventilation mécanique contrôlée au dans la conception de notre projet au niveau du musée. Ce choix a été dicté par les exigences de protection et de conservation des œuvres exposées contre les agents extérieurs polluants et égressifs (poussière, humidité, sels marins...). Le moteur de la VMC aspire puis extrait l'air vicié

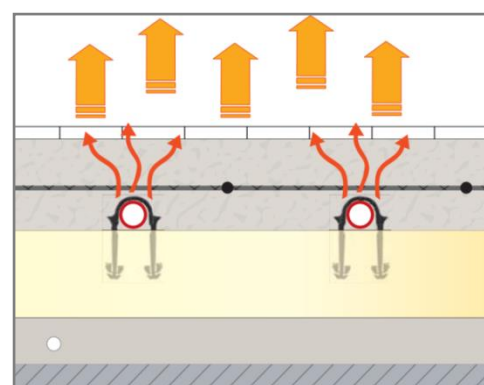
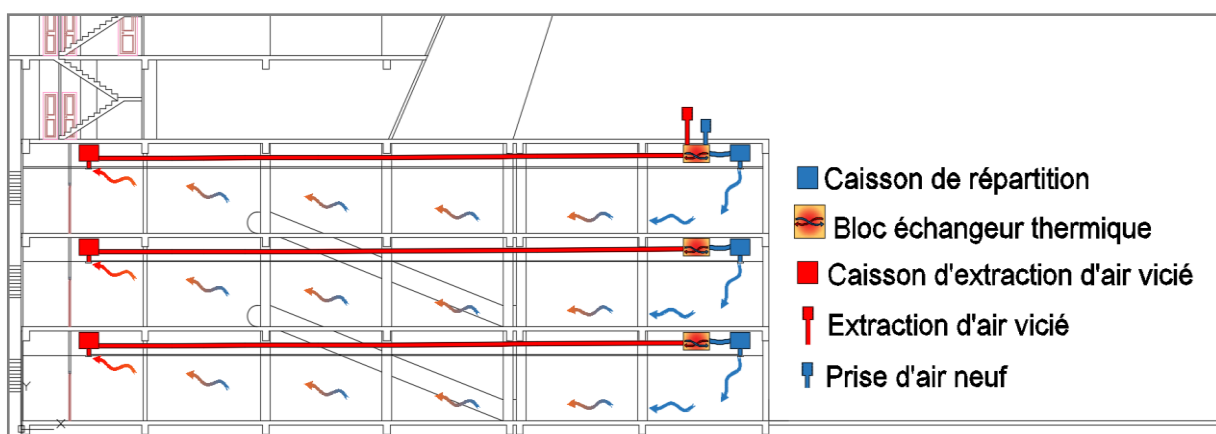
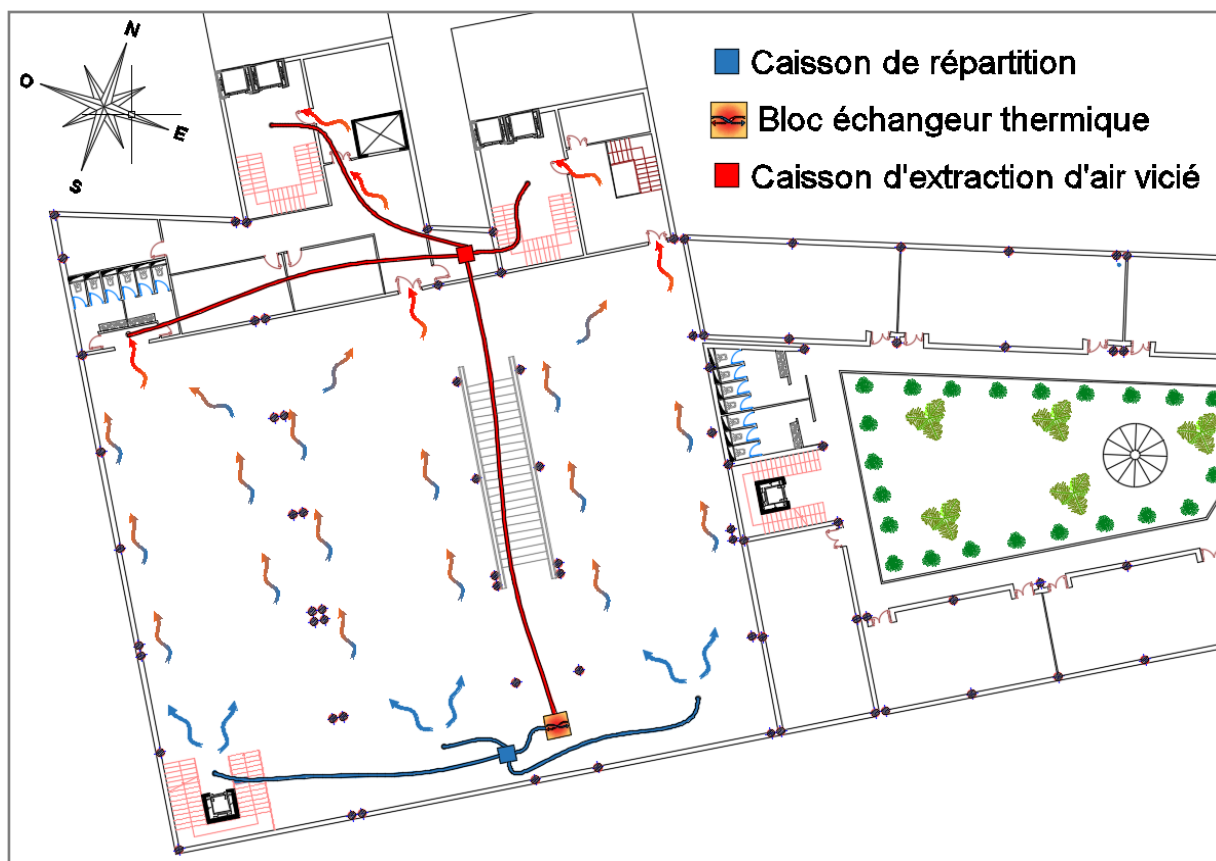


Figure 64 : Détail du plancher réversible

Source : <https://www.geo-energies.fr>

depuis les espaces technique (sanitaires, bagagerie...). La dépression ainsi créée fait que l'air neuf entre dans le musée par les entrées d'air au niveau des espaces d'exposition. Cette disposition permet le balayage d'un maximum de surface. Un échangeur thermique permet de réduire les déperditions thermiques liées au renouvellement d'air en récupérant les calories de l'air vicié.



II.2.4.2.E. Aspect écologique du projet

- **Système de récupération des eaux pluviales**

L'eau fait partie de notre environnement naturel et elle est essentielle à notre survie. Malheureusement, nous gaspillons ce bien rare que l'on qualifie déjà d'enjeu stratégique pour le XXIème siècle.

Intégrée dans une démarche de développement durable, la récupération d'eau de pluie est une ressource en eau complémentaire possible. L'eau récupérée est purifiée et réutilisée dans les sanitaires ainsi que le nettoyage et l'arrosage. Un système de récupération de l'eau de pluie est composé de ces trois éléments de base :

- Une surface de captage
- Un système d'acheminement
- Un réservoir de pour le stockage de l'eau jusqu'à son utilisation.

Mise en œuvre dans notre projet

Nous avons prévu un système de récupération des eaux pluviales au niveau de cette entité car plus de 90 % des besoins ne nécessitent pas l'utilisation d'eau potable. Les toits inclinés des tours administratives vont assurer la collecte des eaux pluviales qui seront prétraitées au niveau du toit en passant à travers un filtre avant d'être acheminées vers un réservoir de stockage. Elles seront ensuite utilisées dans les sanitaires, le nettoyage et l'arrosage des toitures végétalisées.

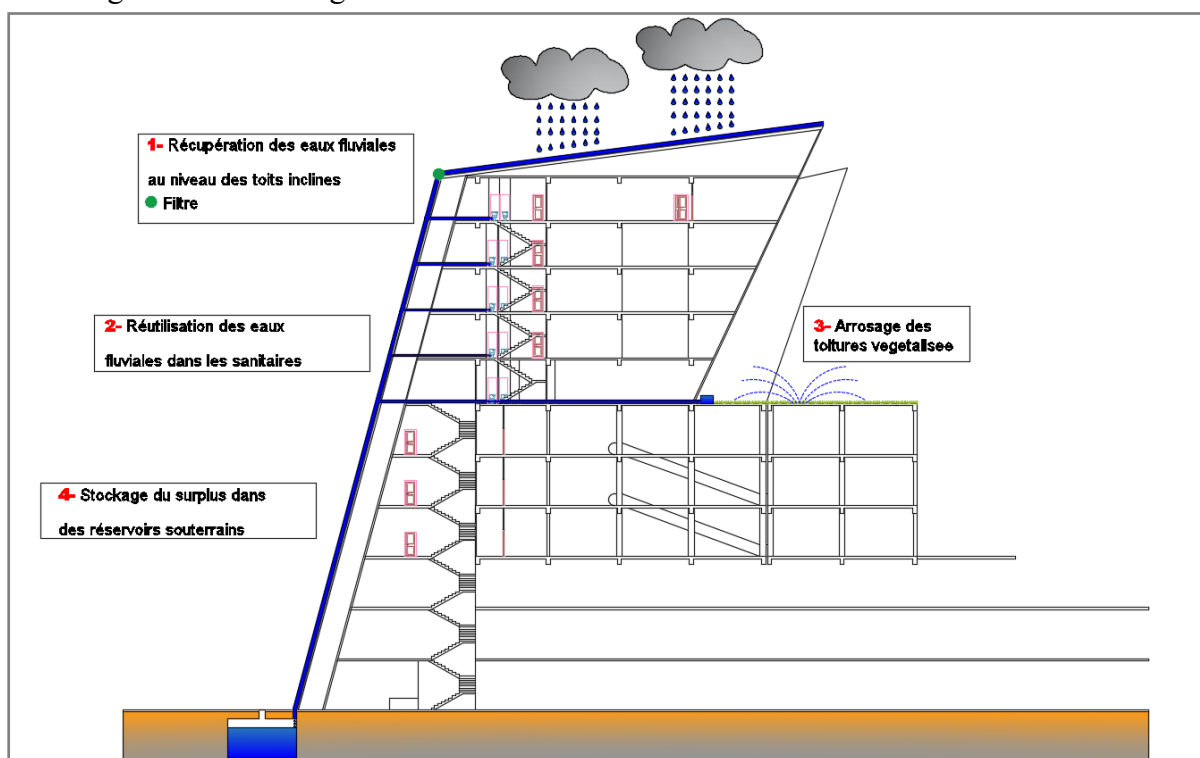


Figure 67 : Système de récupération des eaux pluviales
Source : Auteurs

II.2.4.3. Entité découverte des fonds marins

Fiche technique bioclimatique	
Usage	Aquarium public
Surface	7248.8
Volume	71603.9
Coefficient de forme	0.1
Taux de vitrage	6%

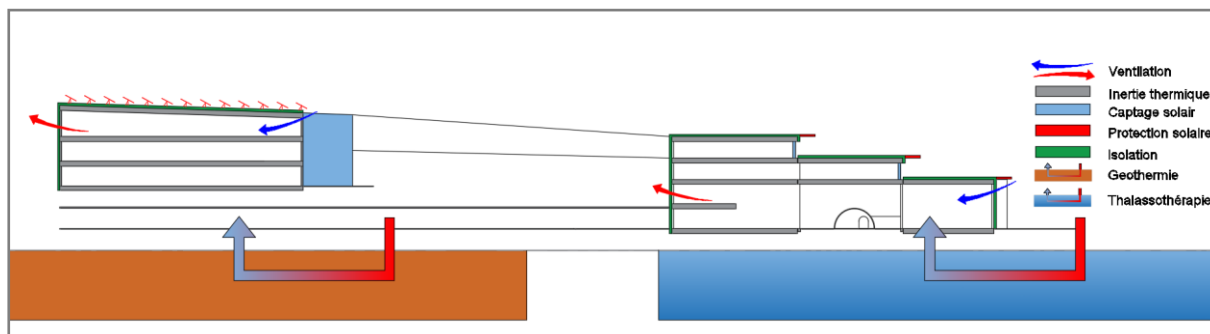


Figure 68 : Coupe récapitulative

Source : Auteurs

II.2.4.3.A. Chauffage passif

Le mur Trombe est un système de captage de l'énergie solaire constitué d'un vitrage à faible émissivité pose devant un mur à forte inertie thermique. Le rayonnement solaire vient chauffer une lame d'air présente entre le vitrage et le mur, cette chaleur est ensuite redistribuée par deux moyens :

- Une partie est transmise par conduction à travers le mur qui la restitue à l'intérieur du local par convection avec un certain déphasage,
- La deuxième partie se transmet par circulation naturelle de l'air chaud se trouvant dans la lame d'air à travers deux orifices placés en partie haute et basse du mur capteur.

- Mise en œuvre dans le projet

Nous avons adopté le système du mur trombe dans notre projet au niveau de l'entité aquariums car c'est la solution bioclimatique qui convient le plus aux exigences de cette entité et qui permet de transformer une contrainte en un atout. En effet, l'éclairage naturel étant proscrit pour les aquariums car il provoque la formation d'algues sur les parois, cela implique des façades massives sans ouvertures. Il suffit alors de disposer un vitrage à quelques centimètres de ces façades pour les transformer en masses thermiques qui stockent la chaleur du soleil.

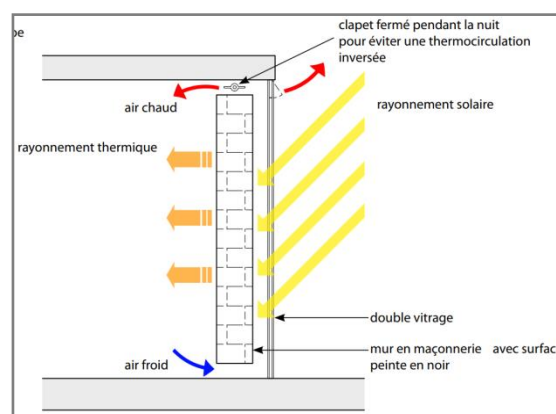


Figure 69 : Principe de fonctionnement du mur trombe

Source : <http://www.caue54.com>

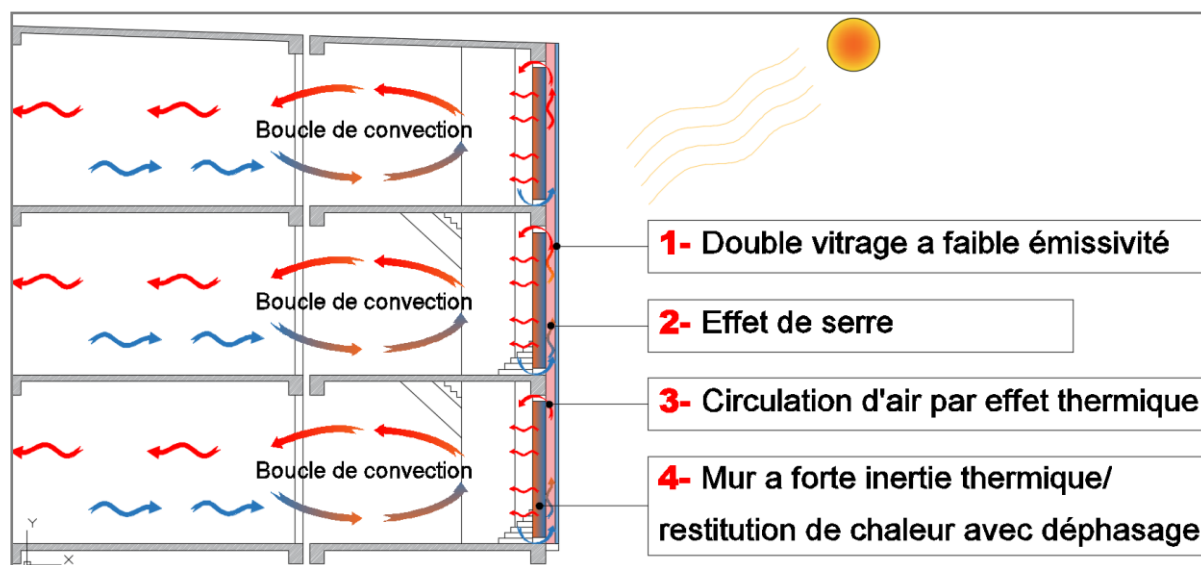


Figure 70 : Mise en œuvre du mur trombe dans l'entité découverte du monde marin

Source : Auteurs

II.2.4.3.B. Dispositif de contrôle thermique

En utilisant la même technique de dimensionnement des brises soleil précédemment utilisée, on obtient les résultats suivants :

- Longueur du brise soleil pour le volume de l'entrée : 4.75m
- Longueur du brise soleil pour le deuxième volume : 2.06m
- Longueur du brise soleil pour le troisième volume : 2.06m

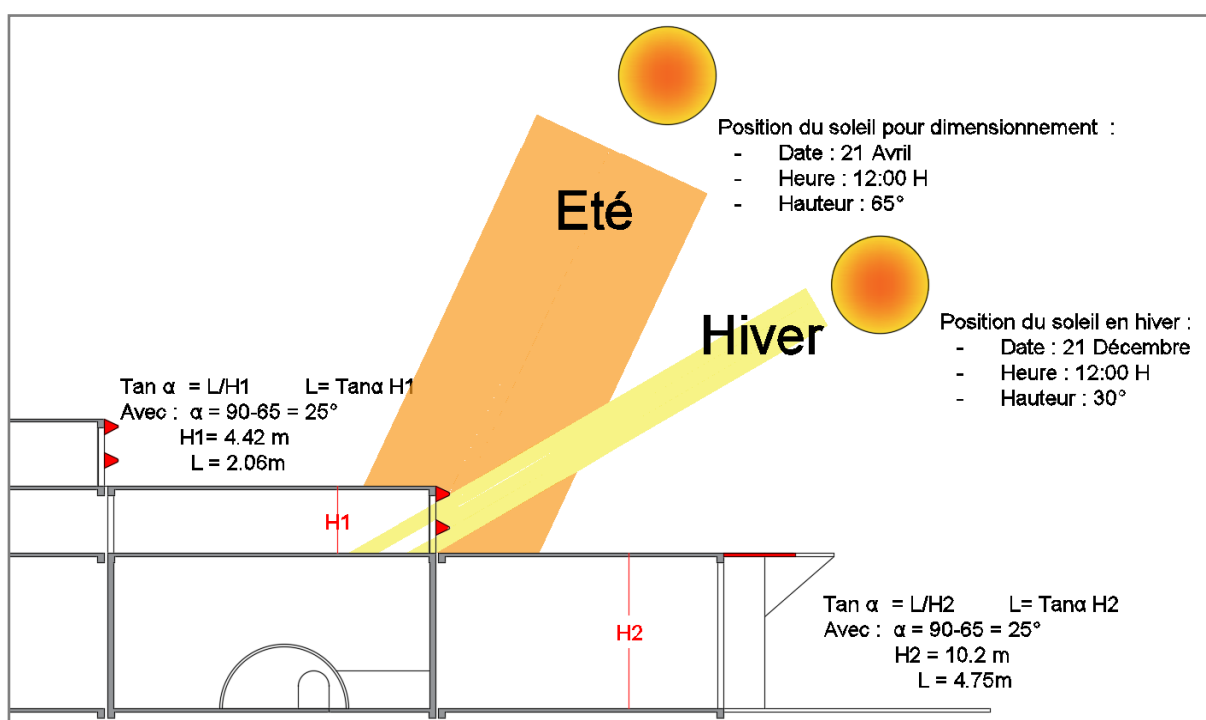


Figure 71 : Dimensionnement des brises soleil pour l'entité découverte des fonds marins

Source : Auteurs

II.2.4.3.C. Dispositifs actif

• Les panneaux solaires photovoltaïques

Un panneau solaire est un dispositif énergétique solaire destiné à convertir le rayonnement solaire en électricité à courant continu, qui elle-même est transformée en courant alternatif. Il utilise l'effet photoélectrique, par lequel un photon incident (la lumière, donc) peut arracher un électron à un atome.

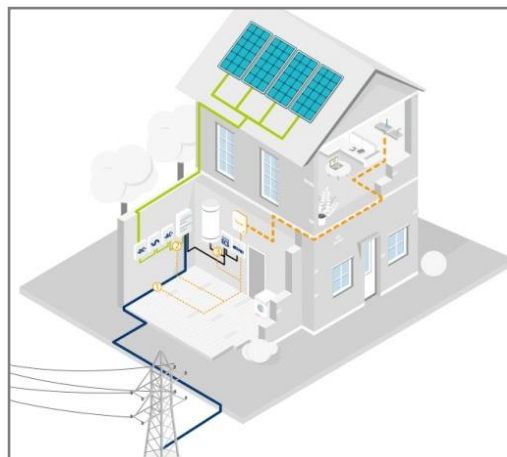


Figure 72 : Installation photovoltaïque
Source : <https://www.energievert.com>

- Mise en œuvre dans le projet

Energivore du fait de la nécessité de l'éclairage artificiel et des équipements électriques indispensable au fonctionnement des aquariums (pompes, filtres...). Dans le but de réduire la facture énergétique de cette entité, nous avons opté pour l'installation de panneaux solaires photovoltaïques au niveau de la toiture. Celle-ci est inclinée au sud afin d'optimiser l'angle d'incidence des rayons solaires améliorant l'efficacité du système. L'énergie électrique produite par les panneaux solaires alimentera le réseau d'éclairage artificiel.

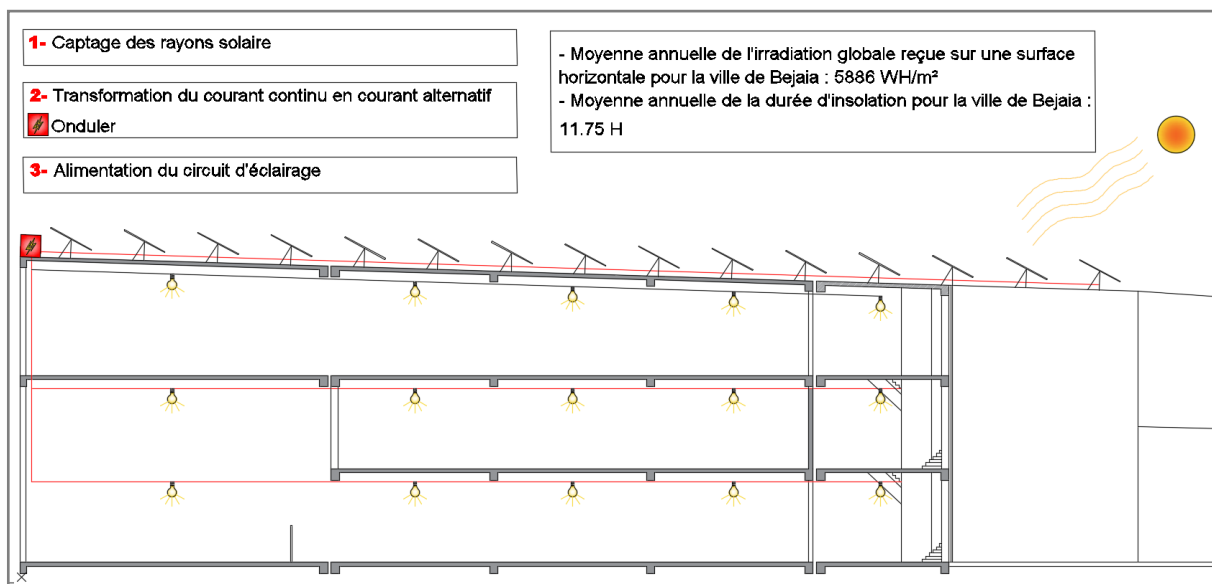


Figure 73 : Mise en œuvre d'une installation photovoltaïque dans l'entité découverte du monde marin

Source : Auteurs

• La thalassothérapie

Cette technologie permet de chauffer ou de climatiser des quartiers entiers à partir de l'énergie calorifique récupérée dans les profondeurs marines. Le principe est d'aller pomper de l'eau de mer à une profondeur de 5 à 10m pour alimenter des échangeurs thermiques permettant de puiser des calories en hiver, ou d'en rejeter pendant la saison chaude. A cette profondeur, la température de l'eau est quasi-constante, entre 12 et 25 degrés suivant les courants, mais en tout cas, plus chaude en hiver et plus fraîche l'été que l'air ambiant.

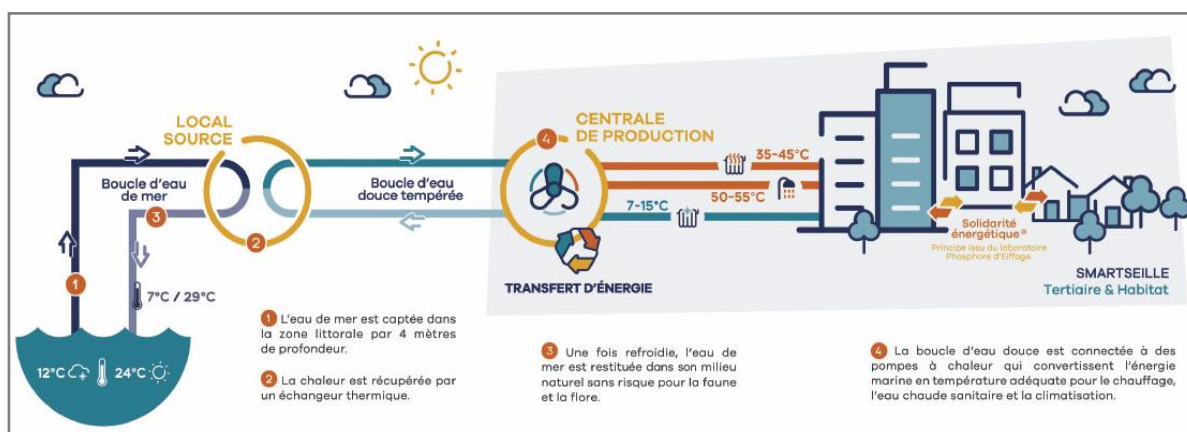


Figure 74 : Principe de fonctionnement de la thalassothérapie

Source : <https://madeinmarseille.net>

- Mise en œuvre dans le projet

Notre projet se situant à proximité directe de la mer et s'inscrivant dans une démarche durable d'efficacité énergétique, il devient incontournable de profiter des nombreux atouts qu'offre la thalassothérapie. Sa mise en œuvre au niveau de l'entité aquariums est d'autant plus justifiée puisqu'un système de pompage de l'eau de mer devra être mis en place afin d'alimenter les bassins.

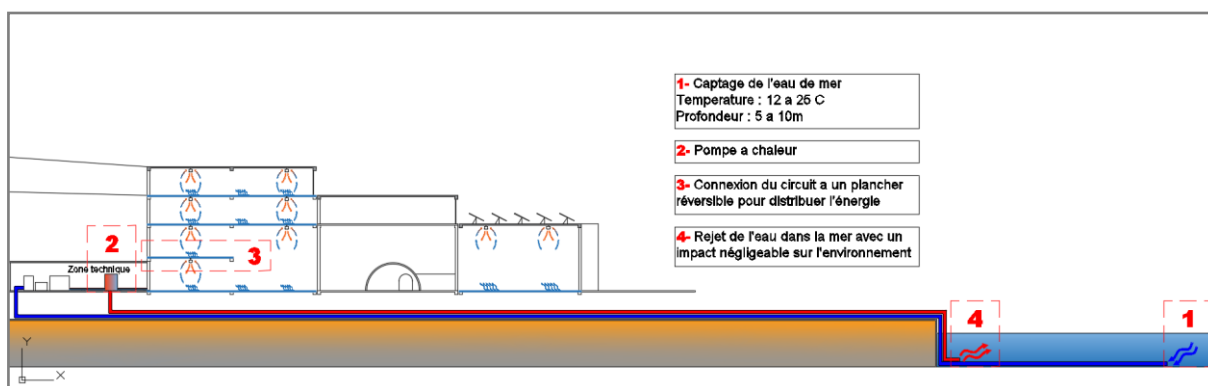


Figure 75 : Exploitation de la thalassothérapie dans l'entité découverte du monde marin

Source : auteurs

II.2.4.3.D. Aspect écologique du projet

L'entité découverte des fonds marins intègre le même système de récupération des eaux pluviales décrit pour l'entité éducation.

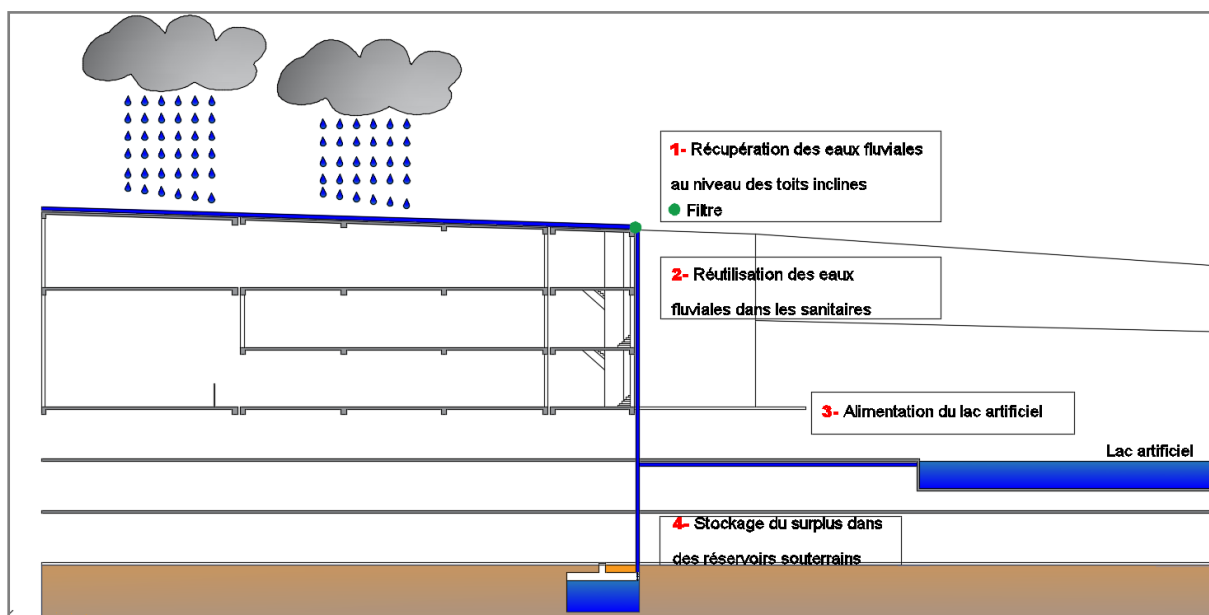


Figure 76 : Système de récupération des eaux pluviales

Source : Auteurs

II.2.4.4. Matériaux

Une architecture bioclimatique requiert l'utilisation de matériaux de construction adéquats qui permettent au bâtiment de respirer tout en étant isolée. Les matériaux seront choisis en fonction de plusieurs propriétés : densité, conductivité et résistance thermique, résistance à la diffusion de la vapeur d'eau, capillarité, impact sur l'environnement...etc.

- **Les parois opaques**

Pour les enveloppes opaques de notre projet, nous avons opté pour le brique monomur de terre cuite. D'une largeur faisant entre 30 et 37 cm appartiennent à la catégorie des parois lourdes à isolation répartie. Reconnues pour leurs excellentes propriétés isolantes naturelles, les briques monomur en terre cuite offrent une excellente résistance thermique: En hiver, les murs absorbent la chaleur du chauffage et la rediffusent par rayonnement. En été, les parois régulent de manière naturelle la température et conservent la fraîcheur dans la maison. La brique monomur de terre cuite présente les avantages suivants :

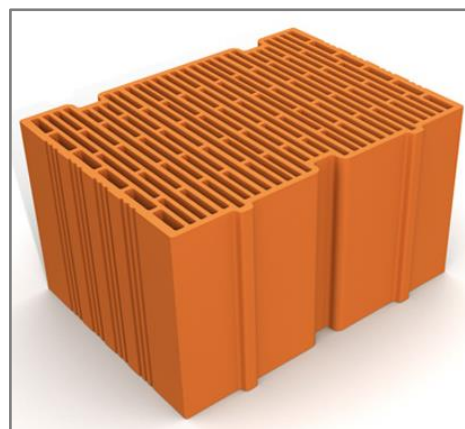


Figure 77 : Brique monomur de terre cuite

Source : <https://www.lesmatériaux.fr>

- Isole naturellement, sans ajout d'isolant surtout dans les régions chaudes
- Laisse respirer les murs
- Permet d'éviter les problèmes d'humidité ou de moisissures
- C'est une barrière anti-humidité qui retient 5 fois moins d'eau que les autres matériaux.
- C'est un matériau propre: sans polluant, sans allergène, qui ne présente aucun risque pour l'homme ni pour l'environnement.

- **Les parois transparentes**

Pour les parois transparentes de notre projet, nous avons opté pour du double vitrage à isolation renforcée. Le double vitrage désigne un dispositif constitué de deux feuilles de verre assemblées et scellées en usine, séparées par un espace hermétique clos renfermant de l'air ou un autre gaz déshydraté à l'exemple de l'argon. L'isolation renforcée, quant à elle, est apportée par une fine couche transparente d'argent ou d'oxydes métalliques déposée sur l'une des faces intérieures du double vitrage. Cette couche faiblement émissive s'oppose au rayonnement infrarouge et forme une barrière

thermique, en retenant à l'intérieur du logement la chaleur. Les V.I.R*, qui assument également une fonction de contrôle solaire, sont pourvus d'une couche peu émissive qui empêche une partie de l'énergie solaire extérieure de pénétrer à l'intérieur du logement tout en préservant un haut niveau d'éclairage naturel. Par ailleurs, un excellent facteur solaire de 0.42, caractérisant les V.I.R les plus performants permet de réduire considérablement les apports thermiques et diminuer ainsi la consommation d'énergie en été. Des fonctions supplémentaires comme le renforcement acoustique sont tout à fait compatibles avec les fonctions thermiques des V.I.R.

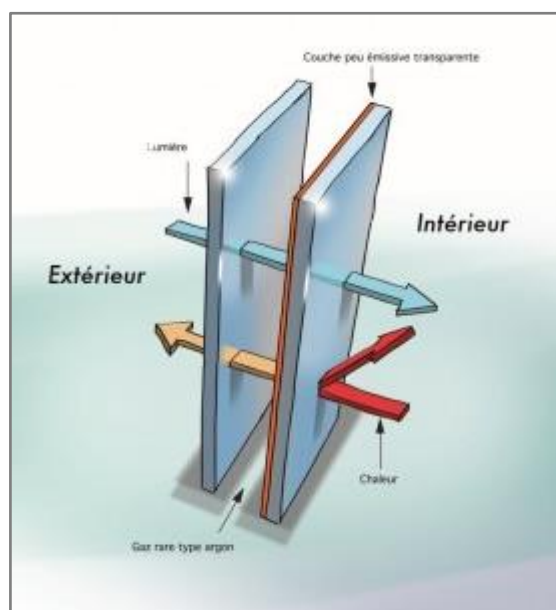


Figure 78 : Vitrage à isolation renforcée
Source : <https://www.travaux.com>

* Vitrage à Isolation renforcée

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons pu retracer les étapes attenantes à la concrétisation formelle de notre complexe muséal océanographique. Nous avons pu démontrer que l'architecture de notre projet émerge de son contexte urbain, bioclimatique et de sa thématique. En effet, elle se veut une architecture en parfaite harmonie avec son contexte, dont on retrouve l'influence au niveau de la composition.

Ce chapitre nous a également permis de démontrer qu'il est possible d'améliorer significativement l'efficacité énergétique d'un bâtiment par l'exploitation judicieuse des ressources naturelles disponibles dans son environnement immédiat. Ce qui nous a menés à développer l'aspect bioclimatique de notre projet. En effet, nous avons pu voir qu'il intègre des dispositifs passifs et actifs dont certains sont novateurs et qui ont contribué à faire de notre équipement un projet bioclimatique performant, énergétiquement efficace.

Conclusion générale

C'est dans l'objectif de réaliser un projet contemporain en accord parfait avec son contexte urbain, environnemental, et qui puisse répondre à la problématique majeure liée à la destruction des écosystèmes et aux menaces qui pèsent sur la biodiversité, qu'une série de questionnements s'est constituée pour être à l'origine de l'élaboration de ce travail.

Notre réponse à cette problématique et aux différents objectifs fixés, s'est faite à travers l'imagination et la conception d'un complexe muséal océanographique, qui à la fois s'inspire de la politique de l'Etat, qui se tourne vers un enjeu global de redéfinition des objectifs nationaux et des actions à mettre en œuvre pour stopper et inverser la tendance de dégradation des écosystèmes naturels, et s'inscrit dans une démarche environnementale : d'architecture bioclimatique.

C'est précisément dans cette optique que nous nous sommes tournées vers Bejaia, une ville apte à recevoir ce genre d'équipements, compte tenu de ses richesses, éco systémiques et paysagères importantes. Notre complexe muséal océanographique a donc été conçu dans sa globalité sous les influences de son contexte. La maîtrise multidimensionnelle de la thématique et du site nous a permis d'élaborer un projet dans l'ère du temps, soucieux de son impact environnemental.

Il était question qu'il puisse faire la promotion de la biodiversité, de rétablir la relation entre la ville de Bejaia et son port et bien sûr répondre aux exigences fonctionnelles et de confort de ses usagers. A travers son concept de perméabilité, ses espaces ouvertes à l'urbain et intégrant un panel de dispositifs bioclimatiques passifs et actifs, notre projet s'affirme comme la solution adéquate à ces problématiques. En effet, il s'agit d'un projet Novateur tant dans sa concrétisation que dans sa portée, tentant de sortir des schémas conventionnels de conception. Tel que conçu, notre projet est en mesure de répondre tant aux exigences fonctionnelles de la thématique traitée, qu'aux critères d'efficacité énergétique et de réduction des impacts négatifs sur l'environnement.

Au final, le projet d'architecture demeure en soit en perpétuelle évolution, et ce n'est là qu'une humble tentative de réponses à des exigences et directives concrètes posées en amont, auxquelles nous espérons avoir apporté des éléments de réponse.

Conclusion générale

C'est dans l'objectif de réaliser un projet contemporain en accord parfait avec son contexte urbain, environnemental, et qui puisse répondre à la problématique majeure liée à la destruction des écosystèmes et aux menaces qui pèsent sur la biodiversité, qu'une série de questionnements s'est constituée pour être à l'origine de l'élaboration de ce travail.

Notre réponse à cette problématique et aux différents objectifs fixés, s'est faite à travers l'imagination et la conception d'un complexe muséal océanographique, qui à la fois s'inspire de la politique de l'Etat, qui se tourne vers un enjeu global de redéfinition des objectifs nationaux et des actions à mettre en œuvre pour stopper et inverser la tendance de dégradation des écosystèmes naturels, et s'inscrit dans une démarche environnementale : d'architecture bioclimatique.

C'est précisément dans cette optique que nous nous sommes tournées vers Bejaia, une ville apte à recevoir ce genre d'équipements, compte tenu de ses richesses, éco systémiques et paysagères importantes. Notre complexe muséal océanographique a donc été conçu dans sa globalité sous les influences de son contexte. La maîtrise multidimensionnelle de la thématique et du site nous a permis d'élaborer un projet dans l'ère du temps, soucieux de son impact environnemental.

Il était question qu'il puisse faire la promotion de la biodiversité, de rétablir la relation entre la ville de Bejaia et son port et bien sûr répondre aux exigences fonctionnelles et de confort de ses usagers. A travers son concept de perméabilité, ses espaces ouvertes à l'urbain et intégrant un panel de dispositifs bioclimatiques passifs et actifs, notre projet s'affirme comme la solution adéquate à ces problématiques. En effet, il s'agit d'un projet Novateur tant dans sa concrétisation que dans sa portée, tentant de sortir des schémas conventionnels de conception. Tel que conçu, notre projet est en mesure de répondre tant aux exigences fonctionnelles de la thématique traitée, qu'aux critères d'efficacité énergétique et de réduction des impacts négatifs sur l'environnement.

Au final, le projet d'architecture demeure en soit en perpétuelle évolution, et ce n'est là qu'une humble tentative de réponses à des exigences et directives concrètes posées en amont, auxquelles nous espérons avoir apporté des éléments de réponse.

Références bibliographiques

Ouvrages

Kevin LYNCH, l'image de la cite. Edition Dunod, Paris, 1969

GAUTHIEZ. B, Espace urbain, vocabulaire et morphologie. Edition patrimoine, Paris 2003

B.GIVONI, L'homme l'architecture et le climat. Edition le moniteur Paris, 1978

Alain Létourneau, La transdisciplinarité considérés en général et en sciences de l'environnement, Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement, 5 juin 2008.

P.Boudon, & al, Cours d'architecturologie, Editions de la Villette, Paris, 1994.

Lou Chesné. Vers une nouvelle méthodologie de conception des bâtiments, basée sur leurs performances bioclimatiques. Architecture, aménagement de l'espace. INSA de Lyon, 2012.

Alain Liébard & André De Herde, traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Edition. Le moniteur, 2005.

S.Mazouz, Elément de conception architecturale, OPU, 4ème édition, 2008.

Nadia Hayat, Matériaux et architecture durable, Edition Dunod, Paris, 2013.

Fernandez, P, et Lavigne, P. Changement d'attitude pour concevoir un cadre bâti bioclimatique : une contribution au développement durable, Techniques de construction. Editions du moniteur, 2010.

Thèses

Djerroufi Mohammed El Amin, Management de l'efficacité énergétique dans le bâtiment, Mémoire pour l'obtention du diplôme de master en génie civil option civil engineering management. Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen.

Mazari Mohammed, « Étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public: cas du département d'architecture de Tamda», Mémoire de magistère université de Tizi-Ouzou, 2012.

S.Abdulac, Traditional housing design in arab countries, in Designing in Islamic cultures II, Urban housing, the aghakhan program for Islamic architecture, Harvard, Massachusetts, August 17- 21, 1982.

BELHOUT Cherifa, BOUADLOUNE Nessrine, Complexe eco touristique au lac Mezaia de Béjaïa. Memoir de master en architecture, université de Tizi-Ouzou, 2018

Autres documents

Plan D'Aménagement du Territoire de la wilaya de Bejaia, phase N°1, septembre 2012.

Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme intercommunal de Bejaia

Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia, ONS.

Journal officiel de la république algérienne N° 36/ 3 juin 2007.

Sites internet

<https://portail.cder.dz>.

<https://Google Earth>.

Sun Earth Tools.

<https://www.portdebejaia.dz/download/Brochure-EPB.pdf>.

<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/environnement>.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Surexploitation>.

http://pasteur-col.spip.ac-rouen.fr/IMG/pdf_rechauffement_climat2.pdf.

<https://icom.museum/fr/activites/normes-et-lignes-directrices/definition-du-musee/>.

<https://journals.openedition.org/mediterranee>.

<https://journals.openedition.org/ocim/1658>.

<https://www.natureetconfort.fr/blog/avantages-eclairage-nature/>.

<https://www.cordial.fr/dictionnaire/definition/oc%C3%A9anographie.php>.

<https://e-rse.net/definitions/biomimetisme-definition-exemples/#gs.8bxavm>.

<https://www.aquaportail.com/definition-3667-aquarium.html>.

Organisme

Station météorologique de Bejaia.

Entreprise portuaire de Bejaia.

Direction du parc national de Gouraya.

Bureau d'étude Axxam.

Liste des figures

Figure 1 : Situation de la wilaya de Bejaia.....	8
Figure 2 : Situation de la commune de Bejaia.....	9
Figure 3 : Carte d'accessibilité de la ville de Béjaïa.....	9
Figure 4 : Gare routière de Bejaia.....	10
Figure 5 : Gare ferroviaire de Bejaia.....	10
Figure 6 : Aéroport de Bejaia.....	10
Figure 7 : Gare maritime de Bejaia.....	10
Figure 8 : Graphe de l'évolution de la population de Bejaia.....	11
Figure 9 : Répartition des activités de la commune de Bejaia.....	11
Figure 10 : Carte topographique de Bejaia.....	12
Figure 11 : Réseau hydrique de Bejaia.....	12
Figure 12 : Epoque Phenicienne.....	13
Figure 13 : Epoque Romaine.....	13
Figure 14 : Période coloniale 1833-1890.....	13
Figure 15 : Période coloniale 1891-1962.....	13
Figure 16 : Période post coloniale.....	13
Figure 17 : Carte des tissus urbains de Bejaia.....	14
Figure 18 : Carte du réseau viaire de Bejaia.....	15
Figure 19 : Carte des nœuds de Bejaia.....	16
Figure 20 : Carte des places de Bejaia.....	17
Figure 21 : Potentialités culturelles et historiques de la ville de Bejaïa.....	18
Figure 22 : Situation du PNG.....	19
Figure 23 : Potentialités pittoresques de la ville de Bejaïa.....	19
Figure 24 : Graphe de la variation des températures moyennes mensuelles de la ville de Bejaia.....	21
Figure 25 : Graphe de la Variation du taux d'humidité relative de la ville de Bejaia.....	23
Figure 26 : Diagramme des cumuls mensuels des précipitations de la ville de Bejaia.....	23
Figure 27 : Exposition de la ville aux vents.....	24
Figure 28 : Histogramme de la vitesse des vents de la ville de Bejaia.....	24
Figure 29 : Course apparente du soleil.....	25
Figure 30 : Course apparente du soleil.....	25
Figure 31 : Diagramme psychométrique de GIVONI.....	26
Figure 31 : Diagramme psychométrique de GIVONI.....	26
Figure 32 : Port de Bejaia.....	29
Figure 33 : Carte d'accessibilité du port.....	29
Figure 34 : Carte des infrastructures du port.....	30
Figure 35 : Carte de la phase I du développement du port.....	31
Figure 36 : Carte de la phase II du développement du port.....	31
Figure 37 : Assiette d'intervention.....	31
Figure 38 : Forme de l'assiette d'intervention.....	32
Figure 39 : Nature du sol de l'assiette d'intervention.....	32
Figure 40 : Carte des vues panoramiques de l'assiette d'intervention.....	33
Figure 41 : Façade maritime de la Ville de Bejaia.....	33

Figure 42 : Diagramme solaire de l'assiette	34
Figure 43 : Coupe schématique des apports solaires de la parcelle.....	34
Figure 44 : Carte des vents dominants de l'assiette	35
Figure 45 : Phénomène de brise marine et du brouillard d'advection	35
Figure 46 : Carte des risques du site d'intervention.....	38
Figure 47 : Pollution de l'environnement	46
Figure 48 : Surexploitation des ressources	46
Figure 49 : Réchauffement climatique.....	46
Figure 50 : Montée du niveau de la mer	47
Figure 51 : Perte des habitats naturels	47
Figure 52 : Schéma du développement durable.....	48
Figure 53 : Exposition environnementale	55
Figure 54 : Education des enfants.....	55
Figure 55 : Recherche environnementale	56
Figure 56 : Projet Nausicaa.....	56
Figure 57 : Situation du projet Nausicaa	57
Figure 58 : Raie Manta	57
Figure 59 : Principe de conception du Nausicaa.....	57
Figure 60 : Desserte du projet Nausicaa	58
Figure 61 : Façade Sud-est.....	58
Figure 62 : Façade Nord-est.....	59
Figure 63 : Programme du projet Nausicaa	59
Figure 64 : Niveau 20.5	59
Figure 65 : Niveau 17.5	59
Figure 66 : Niveau 14.5	60
Figure 67 : Niveau 10.5	60
Figure 68 : Niveau 3.5	60
Figure 69 : Niveau 6.5	60
Figure 70 : Coupe AA.....	61
Figure 71 : Parcours du projet.....	61
Figure 72 : Tunnel aquarium	61
Figure 73 : Hall d'entrée.....	61
Figure 74 : Exposition.....	61
Figure 75 : Exposition.....	61
Figure 76 : Structure du Projet.....	62
Figure 77 : Plan masse bioclimatique du projet.....	62
Figure 78 : Projet Antalya aquarium.....	63
Figure 79 : Situation du projet Antalya Aquarium	63
Figure 80 : Idée fédératrice du projet Antalya aquarium.....	63
Figure 81 : intégration du projet a la topographie	64
Figure 82 : Accessibilité au projet Antalya aquarium	64
Figure 83 : Façade Sud-ouest du projet Antalya aquarium	64
Figure 84 : Façade Sud-est du projet Antalya aquarium	64
Figure 85 : Plan du RDC du projet Antalya Aquarium	65

Figure 86 : Plan 1 ^{er} étage du projet Antalya aquarium	65
Figure 87 : Coupe longitudinale du projet Antalya aquariums.....	66
Figure 88 : Coupe transversale du projet Antalya aquarium	66
Figure 89 : Parcours du projet.....	66
Figure 90 : Tunnel Aquarium	66
Figure 91 : Exposition.....	66
Figure 92 : Détail de fixation bac/vitrage	67
Figure 93 : Principe de la filtration mécanique d'un aquarium	68
Figure 94 : Eclairage d'un aquarium	69
Figure 95 : Diagramme solaire du terrain.....	75
Figure 96 : Carte des vents dominants de l'assiette	76
Figure 97 : Les axes fédérateurs de notre projet.....	80
Figure 98 : Zoning fonctionnel des entités de notre projet.....	80
Figure 99 : Matérialisation du concept de perméabilité	81
Figure 100 : Matérialisation du concept d'intégration	81
Figure 101 : Fosse océanique.....	82
Figure 102 : Intervention sur le terrain	82
Figure 103 : Forme inspirée des branchies de poisson	82
Figure 104 : Branchies de poisson.....	82
Figure 105 : Première tentative.....	82
Figure 106 : Forme inspirée du dauphin.....	83
Figure 107 : Dauphin	83
Figure 108 : Troisième tentative (articulation avec une toiture perforée)	83
Figure 109 : Troisième tentative (articulation avec une passerelle)	83
Figure 110 : Photo de la maquette du projet a l'échelle 1/300	83
Figure 111 : Entité éducation à l'environnement.....	84
Figure 112 : Entité découverte des fonds marins.....	84
Figure 113 : Vue d'ensemble du projet	85
Figure 114 : Vue sur le parcours historique.....	86
Figure 115 : Vue sur l'entité découverte des fonds marins	87
Figure 116 : Vue sur l'entité découverte des fonds marins	88
Figure 117 : Vue sur l'entité découverte des fonds marins	88
Figure 118 : Vue sur l'entité éducation	88
Figure 119 : Vue sur l'entité éducation	89
Figure 120 : Vue sur le centre de recherche et de formatin.....	89
Figure 121 : Vue sur le centre de recherche et de formation.....	90
Figure 122 : Reconstitution du sol par colonnes ballastées	91
Figure 123 : Plancher mixte.....	92
Figure 124 : Les 14 cibles de la HQE.....	95
Figure 125 : Paramètres de l'architecture bioclimatique.....	95
Figure 126 : Implantation	96
Figure 127 : Compacité.....	96
Figure 128 : Orientation.....	96
Figure 129 : Orientation optimale des espaces intérieurs	97

Figure 171 : Brique monomur de terre cuite.....	122
Figure 172 : Vitrage a isolation renforcée	123

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution de la population de la commune de Bejaia.....	11
Tableau 2 : variation des températures mensuelles de la ville de Bejaia au cours de la période 20007-2017.....	21
Tableau 3 : Variation du taux d’humidité relative de la ville de Bejaia au cours de la période 2007-2017.....	22
Tableau 4 : Cumuls mensuels des précipitations de la ville de Bejaia au cours de la période.....	23
Tableau 5 : Variation de la vitesse des vents de la ville de Bejaia entre 2007-2017.....	24
Tableau 6 : Récapitulatif du diagramme de GIVONI.....	27
Tableau 7 : Récapitulatif du diagramme de GIVONI après réinterprétation	27
Tableau 8 : Interprétation du diagramme climatique de Givoni.....	28

Table de matière

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	
Introduction	
Chapitre I : ANALYSE DU CONTEXTE &ÉTUDE D’IMPACT ENVIRONNEMENTALE	
Introduction.....	7
I.1. Etude du contexte d’intervention.....	8
I.1.1. Etude du contexte global d’intervention.....	8
I.1.1.1.Présentation générale de la ville de Bejaia	8
I.1.1.1.A. Situation géographique et limites de la ville.....	8
I.1.1.1.B. Accessibilité et équipements de desserte	9
I.1.1.1.C. Données socioéconomiques de la ville de Bejaia.....	11
I.1.1.1.D. Données environnementales de la ville de Bejaia	12
I.1.1.2.Lecture diachronique de la ville de Bejaia	13
I.1.1.3.Lecture urbaine de la ville de Bejaia.....	14
I.1.1.3.A. Les tissus urbains.....	14
I.1.1.3.B. Le système viaire	15
I.1.1.3.C. Les nœuds	16
I.1.1.3.D. Les places	17
I.1.1.3.E. Stratégie d’orientation	18
I.1.1.4.Les potentialités culturelles et naturelles de la ville de Bejaia.....	18
I.1.1.4.A. Potentialités culturelles et historiques.....	18
I.1.1.4.B. Potentialités naturelles et pittoresques	19
I.1.1.4.C. Stratégie d’orientation	20
I.1.1.5.Etude climatique et bioclimatique de la ville de Bejaia	20
I.1.1.5.A. Données climatiques de la ville de Bejaia	21
I.1.1.5.B. Ensoleillement de la ville de Bejaia	24
I.1.1.5.C. Diagramme <i>psychométrique</i> de GIVONI.....	26
I.1.2. Etude du contexte intermédiaire.....	29
I.1.2.1.Présentation du port de Bejaia	29
I.1.2.1.A. Situation et limites.....	29
I.1.2.1.B. Accessibilité.....	29
I.1.2.1.C. Infrastructures du port	30
I.1.2.2.Stratégies d’orientation	31
I.1.3. Etude du contexte réduit.....	31

I.1.3.1. Situation et limites	31
I.1.3.2. Morphologie de l'assiette.....	32
I.1.3.2.A. Forme	32
I.1.3.2.B. Nature du sol	32
I.1.3.3. Potentiel paysager de l'assiette.....	32
I.1.3.3.A. Les vues panoramiques	32
I.1.3.3.B. La façade maritime de Bejaia	33
I.1.3.4. Etude du microclimat	34
I.1.3.4.A. Ensoleillement.....	34
I.1.3.4.B. Vents.....	35
I.1.3.4.C. Humidité	35
I.1.3.5. Synthèse AFOM	36
I.2. Étude d'impact environnementale	37
I.2.1. Etat des lieux.....	37
I.2.2. Choix de la thématique	38
I.2.3. Impacts du projet sur l'environnement.....	39
I.2.3.1. Impacts du projet sur l'environnement en phase de travaux	39
I.2.3.2. Impacts du projet sur l'environnement en phase d'exploitation	40
I.2.4. Impact de l'environnement sur le projet	41
Conclusion	42
Chapitre II : ANALYSE THÉMATIQUE	
Introduction	44
II.1. Corpus théorique	44
II.1.1. La notion d'environnement	44
II.1.1.1. Les milieux naturels	45
II.1.1.2. Les impacts de l'homme sur l'environnement	46
II.1.1.2.A. La pollution	46
II.1.1.2.B. La surexploitation des ressources naturelles.....	46
II.1.1.2.C. Le réchauffement climatique	46
II.1.1.2.D. L'élévation du niveau de la mer	47
II.1.1.2.E. La perte des habitats naturels	47
II.1.1.3. Les actions engagées pour la protection de l'environnement	48
II.1.1.3.A. Le développement durable pour la protection de l'environnement	48

II.2. Recherche thématique.....	50
II.2.1. Choix de la thématique.....	50
II.2.2. Notion de muséologie	50
II.2.2.1. Les types de musées	51
II.2.2.2. Les composantes de la muséologie.....	51
II.2.2.2.A. L'exposition.....	51
II.2.2.2.B. Le parcours	52
II.2.2.2.C. L'éclairage	52
II.2.3. Notion d'océanographie	54
II.2.4. Le complexe muséal océanographique.....	54
II.2.4.1. Les fonctions du complexe muséal océanographique	54
II.2.4.1.A. Exposition environnementale	55
II.2.4.1.B. Education à l'environnement	55
II.2.4.1.C. La recherche environnementale	55
II.3. Analyse d'exemples référentiels.....	56
II.3.1. Le grand Nausicaa, centre national de la mer	56
II.3.1.1. Présentation du projet	56
II.3.1.2. Une forme qui s'intègre au contexte	57
II.3.1.3. Accessibilité et desserte	58
II.3.1.4. Analyse des façades	58
II.3.1.5. Analyse fonctionnelle.....	59
II.3.1.6. Ambiances intérieures.....	61
II.3.1.7. Aspect constructif	62
II.3.1.8. Aspect bioclimatique du projet	62
II.3.2. Antalya aquarium	63
II.3.2.1. Présentation du projet	63
II.3.2.2. Une forme intégrée à son contexte	63
II.3.2.3. Accessibilité et desserte	64
II.3.2.4. Analyse des façades.....	64
II.3.2.5. Analyse fonctionnelle	65
II.3.2.6. Ambiances intérieures	66
II.3.2.7. Aspect bioclimatique du projet	67
II.3.2.7.A. Implantation	67

II.3.2.7.B.	Forme et orientation	67
II.3.2.7.C.	Toiture végétalisée	67
II.4.	Exigences spécifiques d'un complexe muséal océanographique.....	67
II.4.1.	Les aquariums	67
II.4.1.1.	Le bac	67
II.4.1.2.	Le vitrage	68
II.4.1.3.	L'eau.....	68
II.4.1.4.	Le décor	69
II.4.2.	Eclairage.....	69
II.4.3.	Température et humidité	69
II.4.4.	Accueil des personnes à mobilité réduite	69
II.5.	Programme prévisionnel	71
	Conclusion.....	72
Chapitre III : Synthétisation et création du projet architectural		
III.	1. Architecture du projet du projet	74
III.1.1.	Synthétisation des données.....	74
III.1.1.1.	Synthèse de l'approche contextuelle.....	74
III.1.1.2.	Synthèse de l'approche climatique	75
III.1.1.2.A.	L'ensoleillement	75
III.1.1.2.B.	Les vents	76
III.1.1.3.	Synthèse de l'approche thématique.....	76
III.1.2.	Une idée fédératrice un projet	77
III.1.2.1.	Philosophie du projet (s'inspirer de la nature pour innover durablement)...	77
III.1.2.1.A.	La nature pour une restauration écologique du port de Bejaia.....	77
III.1.2.1.B.	La nature pour le bien-être des espèces	77
III.1.2.1.C.	La nature pour être une architecture efficace	78
III.1.2.2.	Comment rapporter la nature a l'architecture	78
III.1.2.2.A.	Le biomimétisme de forme	78
III.1.2.2.B.	Le biomimétisme de procédés	78
III.1.2.2.C.	Le biomimétisme écosystème	78
III.1.3.	Conceptualisation du projet	79
III.1.3.1.	Concepts liés au contexte	79
III.1.3.2.	Concepts liés au thème	79

III.1.3.3.	Concepts liés à la bioclimatique	79
III.1.4.	Création du projet, des concepts à la forme	80
III.1.4.1.	Première action	80
III.1.4.2.	Deuxième action	80
III.1.4.3.	Troisième action	81
III.1.4.4.	Quatrième action	81
III.1.5.	Prémisses formelles par tentatives volumétriques	81
III.1.5.1.	Progression formelle échelle 1/500.....	82
III.1.5.1.A.	Première étape	82
III.1.5.1.B.	Deuxième étape	82
III.1.5.1.C.	Troisième étape	83
III.1.5.2.	Progression formelle échelle 1/300.....	83
III.1.6.	Description du projet	85
III.1.6.1.	Accessibilité	86
III.1.6.2.	Organisation spatiale	86
III.1.6.2.A.	Les espaces extérieurs	86
III.1.6.2.B.	Les espaces intérieurs	87
III.1.6.3.	Description des façades	88
Conclusion.....		90
III.1.6.4.	Aspect constructif du projet	91
III.1.6.4.A.	L'infrastructure	91
III.1.6.4.B.	La super structure	91
III.2.	Approche bioclimatique	94
Introduction		94
III.2.1.	La haute performance énergétique	94
III.2.2.	Mettre en œuvre l'architecture bioclimatique pour une haute performance énergétique et environnementale.....	95
III.2.2.1.	Les principes de l'architecture bioclimatique	96
III.2.2.1.A.	L'implantation	96
III.2.2.1.B.	Forme et compacité	96
III.2.2.1.C.	Orientation.....	96
III.2.2.1.D.	Organisation des espaces intérieurs	97
III.2.2.1.E.	Les choix des matériaux	97
III.2.2.2.	Les stratégies de l'architecture bioclimatique	97

III.2.2.2.A.	La stratégie du chaud	97
III.2.2.2.B.	La stratégie du froid	98
III.2.2.2.C.	Stratégie de l'éclairage naturel	98
III.2.2.3.	Les objectifs de l'architecture bioclimatique	98
III.2.2.3.A.	Le confort thermique	98
III.2.2.3.B.	L'efficacité énergétique	100
III.2.3.	Solutions bioclimatique pour une efficacité énergétique	100
III.2.3.1.	Procèdes passifs	100
III.2.3.1.A.	Procèdes de rafraichissement passif	100
III.2.3.1.B.	Procèdes de chauffage passif.....	101
III.2.3.2.	Procèdes actifs.....	102
III.2.3.2.A.	Procèdes de rafraichissement actif	102
III.2.3.2.B.	Procèdes de chauffage actif	103
III.2.3.3.	Dispositifs de contrôle thermique	104
III.2.3.3.A.	Les protections solaires	104
III.2.3.3.B.	La toiture végétalisée	104
III.2.3.3.C.	Réduction des apports internes	104
III.2.4.	Les solutions bioclimatiques mises en œuvre dans notre projet	105
III.2.4.1.	Au niveau du plan masse	105
III.2.4.2.	Entité culture environnementale	107
III.2.4.2.A.	Procèdes de rafraichissement passif	107
III.2.4.2.B.	Procèdes de chauffage passif	111
III.2.4.2.C.	Dispositifs de contrôle thermique	112
III.2.4.2.D.	Dispositifs bioclimatiques actifs	114
III.2.4.2.E.	Aspect écologique du projet	118
III.2.4.3.	Entité découverte des fonds marins	119
III.2.4.3.A.	Chauffage passif	119
III.2.4.3.B.	Dispositif De Contrôle Thermique.....	120
III.2.4.3.C.	Dispositifs actif	121
III.2.4.3.D.	Aspect Ecologique Du Projet.....	123
III.2.4.3.E.	Matériaux.....	123
Conclusion		125
Conclusion générale		126
Bibliographie		

Liste des figures	
Liste des tableaux.....	
Table des matières.....	



