

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -



Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE

Mémoire présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Architecture

Spécialité : architecture et nouvelles technologies

Par: MADJED Yousra et MERAD BOUDIA Hiba Alaa

Intégration des matériaux hygromorphes dans la requalification de la façade maritime de Mostaganem, Salamandre (Un centre aqua-culturel).

Soutenu, le 24.06.2026, devant le jury composé de :

Mr ALILI Abdessamad	Pr	Université de Tlemcen	Président
Mme CHAREF Nadia	MCB	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mme KORSO FECIANE Fadia	Architecte	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mme BORSALI Nadjiba	MCB	Université de Tlemcen	Expert I2E
Mme BENABDELKADER Nawal	MCB	Université de Tlemcen	Encadrante
Mr BELAROUCI Abdelghani	Docteur	Université de Tlemcen	Co-encadrant

Année universitaire : 2025/2026

Remerciements

À l'issue de cette belle aventure, nous éprouvons une profonde reconnaissance envers toutes les personnes qui ont, par leur soutien et leur présence, contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadrante : Mme **BENABDELKADER Nawal**, et notre Co-encadrant : Mr **BELAROUCI Abdelghani**. Pour leur disponibilité, leur bienveillance, leur conseils précieux et leur accompagnement tout au long de ce travail. Sans vous ce travail n'aurait jamais pu voir le jour.

Nous souhaitons aussi remercier les membres du jury pour leur examen et leur expertise : **Mr ALILI Abdessamad**, **Mme CHAREF Nadia**, **Mme KORSO FECIANE Fadia** et **Mme BORSALI Nadjiba**, qui continuerons de nourrir notre réflexion jusqu'à l'achèvement de ce chapitre.

Nous remercions également l'ensemble de nos enseignants pour la qualité de leur encadrement, la richesse de leurs enseignements et le savoir qu'ils nous ont transmis durant notre parcours universitaire. Nous tenons aussi à honorer la mémoire de **Mr BENOSMAN Abdelkader** qui a été pour nous une figure paternelle tout au long de notre cursus.

Nous exprimons aussi notre profonde reconnaissance à toutes les personnes qui ont accepté de nous aider, de partager leurs connaissances ou de nous accorder un peu de leur temps.

Une mention spéciale à ceux qui ont permis à notre prototype de voir le jour : l'équipe du laboratoire EOLE et l'atelier de menuiserie StyleDeco. Ainsi que Mme DJAFOUR Touria, qui a pris le temps de développer notre site web et d'être à l'écoute de nos attentes.

Un immense merci à nos familles, pour leur amour, leur patience, leur soutien constant et leur confiance tout au long de nos études.

Enfin, nous remercions chaleureusement tous ceux qui, par un geste, une parole ou une aide, ont contribué à la réalisation de ce projet.

Dédicaces

« L'essentiel est invisible pour les yeux. » — Antoine de Saint-Exupéry. C'est dans cet esprit que je dédie ces pages à tous ceux qui font cet « essentiel » pour moi.

A la mémoire de ma mère, qui m'a appris à toujours donner le meilleur de moi-même et à aller de l'avant.

A mon père dont l'amour silencieux a été ma première force, et qui a accompagné chacun de mes pas avec confiance.

A mes frères, Zakaria et Yassine. Et mes sœurs, Imene et Asma, qui sont toujours prêts à m'épauler quitte même à apporter des coups de crayons à mes projets. Vous êtes une source d'inspiration.

A ma belle-sœur Houria, qui m'a transmise son savoir et sa passion pour le métier.

A mes chers neveux et nièces qui sont toujours là à pour animer mes longues journées de travail et de doute.

A ma chère grande famille MERAD BOUDIA, pour leur présence précieuse. Merci pour cet héritage inestimable.

A ma tante Zineb et sa fille Assia, qui sont toujours à l'écoute.

A mon oncle Khalid et ses fils, dont l'aide nous a été plus que précieuse. Comme quoi l'amour pour la menuiserie est un héritage qui se transmet par le sang.

A mes amies, Kawther, Ghizlene, Imene, Meriem et Safae. Avec je partage bien plus que le même cursus. Merci pour les moments partagés et même les disputes déloyales sur la couleur de l'affichage !

A Yousra, celle qui a supporté mes sauts d'humeurs pendant toute une année. Et qui est bien plus que ma partenaire de travail.

A toutes les personnes que j'ai omis de citer et qui, par un regard, une parole ou une présence, ont contribué à l'aboutissement de mon cursus.

Enfin à celle qui refusait de faire architecture, et qui est là aujourd'hui... Merci !

"وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى"

Je dédie ce travail à ma **chère mère**, dont l'amour, les sacrifices, la patience et le soutien indéfectible m'ont accompagnée tout au long de mon parcours. Sa confiance a toujours été une source de motivation et de force.

À ma sœur **Fatima Zahra** et à mon frère **Yasser**, pour leur affection, leur présence et leurs encouragements constants.

À ma binôme **Hiba**, que je considère comme une sœur, pour son soutien, sa patience, son engagement et tous les efforts que nous avons partagés durant la réalisation de ce projet. Cette aventure restera pour moi une expérience humaine et académique inoubliable.

À mes tantes, mes cousins et cousines, pour leur affection, leurs conseils et leur soutien qui m'ont toujours aidée à avancer avec confiance.

À mes chères amies **Safa** et **Imene**, pour leur amitié sincère, leur présence et leur soutien tout au long de ce parcours.

À ma chère amie **Chahinez**, pour sa présence, sa bonne humeur et les moments de partage qui ont accompagné ce parcours.

À **Meriem**, dont l'amitié sincère, la bienveillance et le soutien sans faille ont été pour moi une véritable source de force et d'encouragement tout au long de cette aventure. Merci pour son écoute, sa confiance et tous les précieux souvenirs qui ont marqué cette étape de ma vie.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à ma réussite et à l'aboutissement de ce projet, j'adresse ma profonde gratitude et mes sincères remerciements.

À toutes les victimes d'injustice et de conflits, en particulier le peuple palestinien, j'adresse l'espoir de paix, de dignité et de sécurité pour tous.

Avec toute mon affection, mon respect et ma reconnaissance.

- YOUSRA -

Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans une réflexion sur la requalification de la façade maritime de Salamandre à Mostaganem, à travers l'intégration des matériaux hygromorphes dans une architecture résiliente et innovante. Le projet propose un aquarium hybride à vocation culturelle et scientifique, conçu comme un équipement capable de renforcer l'attractivité du front de mer tout en répondant aux contraintes climatiques du littoral méditerranéen. L'étude s'appuie sur une approche théorique de la ville intelligente, des paysages réactifs, du développement durable et des façades adaptatives.

Le travail analyse d'abord les fondements conceptuels liés à l'intégration technologique et aux matériaux intelligents, puis examine les applications architecturales des systèmes hygromorphes, notamment à travers des références comme HygroSkin et les recherches sur le bois réactif à l'humidité. Ensuite, un diagnostic urbain, fonctionnel, architectural, social et environnemental du quartier de Salamandre met en évidence ses potentialités et ses fragilités : forte valeur paysagère, pression touristique, manque de cohérence urbaine, vulnérabilité au climat marin et déficit d'espaces publics de qualité.

À partir de cette analyse, le projet architectural et urbain propose une requalification du site par un master plan structurant, une programmation hybride et une enveloppe adaptative fondée sur des matériaux hygromorphes. L'objectif est de créer un équipement emblématique, durable et pédagogique, capable de dialoguer avec la mer, de valoriser l'identité locale et d'offrir une réponse innovante aux enjeux environnementaux, économiques et culturels du littoral de Mostaganem.

Mots-clés

Intégration technologique, ville intelligente, paysage intelligent, matériaux hygromorphes, façade adaptative, développement durable, requalification urbaine, façade maritime, aquarium culturel.

ملخص

يأتي هذا البحث في إطار تفكير حول إعادة تأهيل الواجهة البحرية لحي الصلا مندر بمدينة مستغانم، من خلال إدماج المواد الهيغرومرفية في عمارة مرنة ومبتكرة. ويقترح المشروع إنشاء حوض أسماك هجين ذو وظيفة ثقافية وعلمية، مصمم كمرفق قادر على تعزيز جاذبية الواجهة البحرية مع الاستجابة للقيود المناخية للساحل المتوسطي. وتعتمد الدراسة على مقارنة نظرية للمدينة الذكية، والمناظر الطبيعية التفاعلية، والتنمية المستدامة، والواجهات المتكيفة

في البداية، يتناول العمل الأسس المفاهيمية المرتبطة بالإدماج التكنولوجي والمواد الذكية، ثم يدرس التطبيقات المعمارية للأنظمة الهيغرومرفية، خاصة من خلال المراجع والأبحاث المتعلقة بخشب يستجيب للرطوبة. بعد ذلك، يكشف التشخيص الحضري والوظيفي والمعماري والاجتماعي والبيئي لحي الصلا مندر عن إمكاناته ونقاط ضعفه: قيمة منظرية عالية، ضغط سياحي، ضعف في الانسجام العمراني، هشاشة تجاه المناخ البحري، ونقص في الفضاءات العمومية ذات الجودة

انطلاقاً من هذا التحليل، يقترح المشروع المعماري والحضري إعادة تأهيل الموقع عبر مخطط توجيهي منظم، وبرمجة هجينة، وغلاف معماري متكيف قائم على مواد هيغرومرفية. والهدف هو إنشاء مرفق رمزي ومستدام وبيداغوجي، قادر على الحوار مع البحر، وتأمين الهوية المحلية، وتقديم استجابة مبتكرة للتحديات البيئية والاقتصادية والثقافية للواجهة البحرية لمستغانم

الكلمات المفتاحية

الإدماج التكنولوجي، المدينة الذكية، المنظر الطبيعي الذكي، المواد الهيغرومرفية، الواجهة المتكيفة، التنمية المستدامة، إعادة التأهيل الحضري، الواجهة البحرية.

Abstract

This research is part of a broader reflection on the redevelopment of the Salamandre seafront in Mostaganem through the integration of hygromorphic materials into a resilient and innovative architectural approach. The project proposes a hybrid aquarium with cultural and scientific functions, designed as a facility capable of strengthening the attractiveness of the waterfront while responding to the climatic constraints of the Mediterranean coast. The study is based on a theoretical framework addressing the smart city, responsive landscapes, sustainable development, and adaptive façades.

The work first examines the conceptual foundations related to technological integration and smart materials, then explores the architectural applications of hygromorphic systems, particularly through references such as HygroSkin and research on wood that responds to humidity. It then provides an urban, functional, architectural, social, and environmental diagnosis of the Salamandre district, highlighting its strengths and weaknesses: high landscape value, tourist pressure, lack of urban coherence, vulnerability to the marine climate, and a shortage of high-quality public spaces.

Based on this analysis, the architectural and urban project proposes the redevelopment of the site through a structured master plan, a hybrid program, and an adaptive envelope based on hygromorphic materials. The aim is to create an emblematic, sustainable, and educational facility capable of engaging with the sea, enhancing local identity, and offering an innovative response to the environmental, economic, and cultural challenges of Mostaganem's waterfront.

Keywords

Technological integration, smart city, smart landscape, hygromorphic materials, adaptive façade, sustainable development, urban redevelopment, waterfront, cultural aquarium.

Table des matières

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé	IV
ملخص	V
Abstract	VI
Tables des illustrations	XI
Introduction générale.....	1
1. Introduction :	2
2. La problématique :	3
3. L'hypothèse de recherche :	5
4. Les objectifs de recherche :	5
5. L'intérêt du travail :	5
6. La méthodologie du travail :	5
7. Le contexte du travail :	6
Chapitre 1 : Approche Théorique	8
1. Introduction	8
2. Définition de concepts clés :	8
1.1.1 Intégration technologique.....	8
1.1.2 Paysages intelligents :	9
1.1.3 Convergence des deux notions :	9
1.1.4 Les villes intelligentes :	10
1.1.5 Les types d'interventions urbaines :	12
1.1.6 Composantes du paysage urbain :	14
1.1.7 Le développement durable :	14
1.1.8 Les matériaux résistants à l'humidité et à l'eau :	16
1.1.9 Les matériaux hygromorphes :	18
1.1.10 Façade adaptative :	20
3. Conclusion :	20
Chapitre 2 : Approche Innovante	16
2.1 Introduction :	22
2.2 Fondements théoriques :	23
2.2.1 Le modèle naturel :	23

2.2.2	La physique du phénomène :.....	23
2.2.3	Vers une architecture “sans moteurs” :	23
2.3	État de l’art et applications architecturales :	24
2.3.1	Wood-based hygromorphic materials for sustainable responsive architecture, Artem Holstov 2018 :	24
2.3.2	Le pavillon Hygro Skin :	26
1.3	Protocole expérimental et prototypage :	27
4.	Étude du marché et processus de labélisation :	34
2.4.1	Le projet “WoodWave” :	34
2.4.2	Étude du marché :	35
2.4.3	Analyse SWOT :	36
2.4.4	Feedback et contact avec les professionnels :	36
2.4.5	Création du site web :	37
5.	Intégration en façade :	38
6.	Conclusion :	39
Chapitre 3 : Approche Analytique		40
1.	Introduction :	39
2.	Motivation du choix du site :	39
3.	Présentation du cas de Mostaganem :	41
2.3.1	Situation géographique :	41
2.3.2	Accessibilité de la ville :	41
2.3.3	Accessibilité au quartier :	42
2.3.4	Analyse du climat :	42
2.3.5	Aperçu historique de la ville :	42
4.	Délimitation du quartier de Salamandre :	46
5.	Approche historique :	47
2.5.1	La régence d’Alger :	47
2.5.2	Période coloniale :	47
2.5.3	Période post-coloniale :	47
6.	Approche fonctionnelle :	48
7.	Approche structurelle :	49
8.	Approche socio-économique :	51
9.	Approche paysagère :	51

10.	Analyse séquentielle :	52
11.	Analyse SWOT :	53
12.	Diagnostic urbain :	54
2.12.1	Sur le plan urbain et fonctionnel :	54
2.12.2	Sur le plan architectural et patrimonial :	54
2.12.3	Sur le plan social et économique :	55
2.12.4	Sur le plan environnemental et paysager :	55
13.	Analyse d'exemples de stratégies d'intervention :	56
14.	Les stratégies d'intervention :	62
2.14.1	Sur le plan urbain et fonctionnel :	62
2.14.2	Sur le plan architectural et patrimonial :	63
2.14.3	Sur le plan social et économique :	63
2.14.4	Sur le plan environnemental et paysager :	64
15.	Éléments identitaires :	64
16.	Le Master Plan :	66
2.16.1	Proposition des équipements :	70
17.	Conclusion :	70
Chapitre 4 : Programmation Architecturale		71
1.	Introduction :	71
2.	Analyse thématique :	71
4.2.1	Le tourisme culturel et scientifique comme levier de développement territorial :	71
4.2.2	Karlovac freshwater aquarium and river museum	73
4.2.3	L'aquarium de Beni Saf	73
4.2.4	I OCEAN museum	73
4.2.5	Le centre culturel Alb'oru	73
4.2.6	Notre projet :	85
3.	Conclusion :	85
Chapitre 5 : Réponse Architecturale		86
1.	Introduction :	86
2.	Analyse du terrain :	86
4.1		86
6.2.1	Situation :	86

6.2.2	Climatologie :	86
6.2.3	État de fait :	87
6.2.4	Morphologie :	87
6.2.5	Topographie :	87
6.2.6	Voirie et réseaux divers :	88
6.2.7	Analyse des nuisances :	88
6.2.8	Analyse des points de repères :	89
6.2.9	Skyline :	89
6.2.10	Analyse du style environnant :	90
6.2.11	Analyse fonctionnelle :	91
6.2.12	Analyse structurelle :	92
6.2.13	Analyse SWOT :	93
6.2.14	La synthèse de l'analyse du terrain :	93
3.	La genèse du projet :	94
6.3.1	Les principes d'implantation :	94
6.3.2	Evolution de la forme :	95
6.3.3	Evolution du volume :	96
4.	Le projet architectural comme finalité :	97
6.5.1	Description du plan de masse :	97
6.5.2	Description des niveaux :	98
6.5.3	Description de l'enveloppe architecturale :	100
6.5.4	Description des ambiances intérieures et séquences spatiales :	101
5.	Conclusion :	103
Chapitre 6 : Approche Technique		104
1.	Introduction :	104
2.	Le gros-œuvre :	104
6.2.1	L'infrastructure :	104
6.2.2	La superstructure :	105
6.2.3	Le second œuvre :	106
6.2.4	Détails spécifiques aux aquariums :	107
6.2.5	Détails spécifiques aux laboratoires d'analyse :	115
6.2.6	Détails sur la façade :	116
6.2.7	Les Corps d'État Secondaires (C.E.S) du projet :	117

6.2.8 Conclusion :.....	119
Conclusion générale	120
Bibliographie	121
Annexe	126
Table des matières :.....	165

Tables des illustrations

Les figures :

Figure 1 : Les 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) de l'ONU. (source : Nations Unies (2015). Agenda 2030 pour le développement durable.)	15
Figure 2 : photo qui illustre les variations observées chez les pommes de pin (source : wikipédia).....	23
Figure 3 : application architecturale des panneaux hygromorphes dans un observatoire ornithologique. (source : holstov)	25
Figure 4 : intégration des hygromorphes dans des bancs (aménagement paysager) (source : holstov).....	26
Figure 5 : photo du pavillon hygroskin à Orleans, France. (source :archdaily)	26
Figure 6 : dimensions du module triangulaire hygromorphe (source : auteurs)	29
Figure 7 : photo du résultat des mesures (source : auteurs)	30
Figure 8 : photo de l'échantillon à l'intérieur de l'étuve (source : auteurs).....	30
Figure 9 : photo de la découpe des éléments triangulaires (source : auteurs).....	32
Figure 10 : photo de la colle epoxy polyuréthane utilisée (source : auteurs).....	32
Figure 11 : photo du module collé à la fibre de jute (source : auteurs).....	32
Figure 12 : photo du support des modules hygromorphes (source : auteurs)	33
Figure 13 : photo de l'étape de collage (source : auteurs)	33
Figure 14 : photo de la colle de fixation des modules au support (source : auteurs)	33
Figure 15 : photo de l'application du vernis (source : auteurs)	33
Figure 16 : photo du résultat final du prototype (source : auteurs)	34
Figure 17 : logo du projet WoodWave (source : auteurs).	34
Figure 18 : code QR d'accès au questionnaire "WoodWave"	36
Figure 19 : résultats du questionnaire sur les hygromorphes (source : auteurs).	37
Figure 20 : capture d'écran de l'interface extraite du site web	37
Figure 21 : capture d'écran sur les étapes assurées par l'équipe « WoodWave »	38
Figure 22 : détail de fixation des hygromorphes sur la façade (source : auteurs).....	38
Figure 23 : Localisation géographique de Mostaganem par rapport à l'Algérie. (Source : wikipedia).....	41
Figure 24 : Une carte d'accessibilité du quartier de Salamandre (Source : google earth pro). 41	
Figure 25 : La Grande Mosquée Al-Merini (1340) : mosquée Tobana. (Source : Wikipédia) 43	
Figure 26 : Borj El M'hal transformé en prison civile pendant la colonisation française. (Source : Wikipédia)	43
Figure 27 : Tableau de peinture qui illustre la bataille de Mazagran. (Source : Wikipédia) ...	43
Figure 28 : Tableau de peinture représentant la ville durant la période coloniale : à droite le quartier Tijdit, au centre Tobanna et à gauche, le quartier colonial. (Source : Wikipédia)	44
Figure 29 : Carte de Mostaganem en 1885 (Source : Wikipédia).....	45
Figure 30 : Carte de Mostaganem en 1893. (Source : Wikipédia).....	45
Figure 31 : Schéma de la ville en 1962 (les extensions se sont faites post-indépendance) (traitée par les auteurs)	45
Figure 32 : Schéma de délimitation du périmètre d'étude (Source : PDAU, 2023).	46
Figure 33 : Carte d'occupation du sol de la Salamandre en 1853-1874 (Source : Soria G.F)..	47

Figure 34 : Carte d'occupation du sol de la Salamandre en 1969 (Source : Soria G.F)	47
Figure 35 : Carte d'occupation du sol de la Salamandre en 2004 (Source : Soria G.F).	48
Figure 36 : Carte fonctionnelle qualitative (Source : PDAU, 2023).	48
Figure 37 : Carte fonctionnelle quantitative (Source : PDAU, 2023).	48
Figure 38 : : Carte de la typologie d’habitat (Source : PDAU, 2023).	49
Figure 39 : Carte de la nature juridique (Source : PDAU, 2023).	49
Figure 40 : Carte de la trame urbaine (Source : PDAU, 2023).	50
Figure 41 : Carte des gabarits (Source : PDAU, 2023).	50
Figure 42 : Carte des flux routiers (Source : PDAU, 2023).	50
Figure 43 : Carte du réseau viaire (Source : PDAU, 2023).	50
Figure 44 : Diagramme du pourcentage des activités économiques dans Salamandre (Source : Fellah S., traité par l’auteur).	51
Figure 45 : Carte du plein et du vide (Source : PDAU, 2023).	51
Figure 46 : Carte verte (Source : PDAU, 2023).	51
Figure 47 : Diagramme du pourcentage du plein et du vide (Source : auteurs).	51
Figure 48 : Coupes urbaines (Source : PDAU, 2023).	52
Figure 49 : analyse séquentielle qui démontre l'hétérogénéité du tissu (photos prises par les auteurs).	52
Figure 50 : Carte du diagnostic sur le plan urbain et fonctionnel (source : PDAU, 2023).	54
Figure 51 : Carte du diagnostic sur le plan architectural et patrimonial (source : PDAU, 2023).	54
Figure 52 : Carte du diagnostic sur le plan social et économique (source : PDAU, 2023).	55
Figure 53 : Carte du diagnostic sur le plan environnemental et paysager (source : PDAU, 2023).	55
Figure 54 : Schéma de la situation du terrain (source : auteurs).	86
Figure 55 : Schéma de l’état de fait du terrain (source : auteurs).	87
Figure 56 : Schéma de la forme et des mesures du terrain (source :PDAU 2023).	87
Figure 57 : Coupes topographiques du terrain (source : auteurs).	88
Figure 58 : Carte des voiries et réseaux divers du terrain (source : auteurs).	88
Figure 59 : Schéma des nuisances du terrain (source : auteurs).	88
Figure 60 : Schéma des points de repères du terrain (source : auteurs).	89
Figure 61 : Schéma des Skyline réalisés à partir de vus sur Autodesk forma (source : auteurs).	90
Figure 62 : Image du Skyline du terrain amélioré par Nano Banana.	90
Figure 63 : Carte fonctionnelle du site (source : auteurs).	91
Figure 64 : Carte des flux du site (source : auteurs).	92
Figure 65 : Carte de la voirie du site (source : auteurs).	92
Figure 66 : Carte des gabarits du site (source : auteurs).	92
Figure 67 : Schéma du zoning (Source : auteurs).	94
Figure 68 : Schéma de principes du projet (source : auteurs).	95
Figure 69 : Schéma d'évolution de la forme (source : auteurs).	96
Figure 70 : Schéma d'évolution de la volumétrie (source : auteurs).	97
Figure 71 : organigramme du rez-de-chaussée (source : auteurs).	98

Figure 72 : organigramme du 1 ^{er} étage (source : auteurs).....	99
Figure 73 : organigramme du 2eme étage (source : auteurs).	99
Figure 74 : modélisation de l'enveloppe extérieure du bâtiment (source : auteurs).	101
Figure 75 : modélisation du tunnel immersif de MostaSea (source : auteurs).	101
Figure 76 : modélisation de l'espace « aquarium » de MostaSea (source : auteurs).	101
Figure 77 : modélisation de l'accueil de MostaSea (source : auteurs).	102
Figure 78 : modélisation de l'espace de lecture (source : auteurs).	102
Figure 79 : modélisation de la boutique de souvenirs (source : auteurs).	102
Figure 80 : verre acrylique (source : google).	107
Figure 81 : Lampe LED pour aquarium (source : google).	108
Figure 82 : Cycle de vie de l'eau des aquariums (source : google).	109
Figure 83 : détail de fixation du vitrage des aquariums (source : auteurs).	114
Figure 84 : détail de fixation de la mosaïque en façade (source : auteurs).	116
Figure 85 : détail de fixation des panneaux en fibrociment en façade (source : auteurs).	117

Les tableaux :

Tableau 1 : essais réalisés lors du protocole expérimental (source : auteurs).....	28
Tableau 2 : détails sur l'essai hygroscopique (source : auteurs).....	28
Tableau 3 : détails sur les essais d'humidification et de séchage (source : auteurs).....	30
Tableau 4 : étude du marché	35
Tableau 5 : Tableau des différentes conditions climatiques observées à Mostaganem (Source : rapport PDAU de groupement des communes : Mostaganem, Mazagran et Sayada ; 2023) ..	42
Tableau 6 : tableau récapitulatif des éléments identitaires de la requalification de Salamandre et leurs impacts. (Source : auteur).	65
Tableau 7 : Tableau d'analyse du style architectural des logements environnants au terrain (source : auteur).	91
Tableau 8 : Opérations d'entretien d'un aquarium (source : google).....	112
Tableau 9 : espèces exposées dans les aquariums (source : google).....	112

Introduction générale

Introduction :

Les façades maritimes méditerranéennes, de véritables barrières confrontées aux attaques du changement climatique, nécessitent des solutions architecturales à la fois innovantes et résilientes. C'est dans cette situation critique que se place ce Projet de Fin d'Études (PFE) : l'élaboration d'un aquarium hybride aux caractéristiques culturelles, situé en bordure maritime, un aménagement public qui va au-delà de la simple observation aquatique pour se transformer en un paysage interactif intelligent. Ce projet qui fait appel à des matériaux hygromorphes, pour but de transformer une région fragile en centre culturel et écologique.

Au fil des ans, les avancées fulgurantes en matière de technologies numériques, notamment les capteurs, l'Internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle, la connectivité en temps réel et le traitement de données massives, révolutionnent radicalement la façon dont nous concevons, gérons et expérimentons les espaces paysagers urbains et ruraux. L'idée de paysage intelligent (smart landscape) fait référence à un cadre extérieur qui peut interagir avec ses utilisateurs, s'ajuster aux conditions naturelles (température, éclairage, humidité, utilisation), maximiser les ressources (eau, énergie) et participer au bien-être, à la biodiversité et à la durabilité.

L'implémentation de la technologie dans les environnements intelligents va au-delà des objets ou installations ornementales : elle requiert une structure systémique où les technologies sont intégrées dès la phase de design, dans l'entretien, l'évaluation de performance et l'engagement citoyen. Par exemple, l'emploi de capteurs pour évaluer l'humidité du sol ou le bien-être des plantes facilite l'automatisation de l'irrigation ou la planification d'interventions, diminuant par conséquent les dépenses, les déchets et l'impact environnemental.

Les matériaux programmables, également appelés matériaux intelligents, sont capables de modifier leurs propriétés mécaniques durant leur phase de production dans un processus réversible en réponse à des stimuli externes (Vazquez et al. , 2019).

En tenant compte d'un grand nombre de facteurs de durabilité, les caractéristiques hygroscopiques du bois ont été examinées comme un moyen naturel passif qui réagit aux variations du taux d'humidité sans nécessiter de consommation d'énergie (Hosltov et al., 2015).

Fox et Kemp ¹suggèrent la « fin du paradigme mécanique » pour dériver le mouvement à l'aide de systèmes passifs et souples afin de remplacer les actionneurs mécaniques

¹ M. Fox et M. Kemp : Architectes et co-auteurs du livre "Interactive Architecture" apparu en 2009.

classiques (Fox, 2016). L'utilisation de techniques biologiques passives a été étendue dans le contexte de l'architecture interactive et réactive (Fox, 2016). Les propriétés latentes des matériaux intelligents ont également été utilisées pour coder la réponse au mouvement passif (Kretzer, 2017). Ces approches de mouvement passif ont été associées à des systèmes à faible coût et à faible technologie dans les revêtements architecturaux réactifs et adaptatifs.

Ces avancées technologiques et techniques sont venues pour révolutionner le monde, mais au détriment d'un équilibre environnemental déjà altéré avec la révolution industrielle, et dont les résultats ont commencé à s'apercevoir depuis le siècle dernier : Hausse des températures, élévation du niveau des mers, inondations côtières et salinisation...etc. L'architecture comme tous les autres domaines doit s'adapter et être plus résiliente surtout dans les milieux marins qui se présentent comme une ligne de front face à ce problème majeur. (El Amine A. et al., 2023) Le tourisme littoral représente un levier majeur de développement territorial, contribuant à environ 10-15% du PIB mondial des zones côtières (Mostaganem on l'occurrence) (UNWTO, 2023). En Algérie, la façade méditerranéenne, attire annuellement plus de 5 millions de visiteurs, générant des flux économiques via l'hébergement et les infrastructures portuaires (Ministère du tourisme algérien, 2024). Cette dynamique repose sur des atouts paysagers mais exige une planification urbanistique rigoureuse pour éviter la saturation spatiale.

Intégré en façade maritime, ce « hub » est un point focal de la promenade touristique qui se veut d'être résilient au climat en changement. Tout en répondant aux trois dimensions du développement durable.

La problématique :

La problématique principale :

Depuis la fin du siècle dernier, l'urbanisme a connu l'émergence du concept « smart » qui permet l'intégration de concepts intelligents pour une meilleure gestion de l'urbain et de ses occupants (grâce aux capteurs IoT, IA, big data). On y voit notamment l'apparition de nouveaux « water fronts » durables qui transforment des friches côtières ou fluviales en espaces publics résilients, multifonctionnels et écologiquement performants.

Les zones côtières algériennes sont aujourd'hui vulnérables aux attaques du changement climatique (érosion accélérée avec un recul moyen du trait de côte de -0,39 m/an et submersion marine) (Douibi, 2020). Elles sont notamment confrontées à une réalité à double face : la

nécessité de faire face au changement climatique, et le besoin de revitaliser ses espaces du littoral via un tourisme durable.

C'est dans ce contexte que se dresse notre projet d'aquarium hybride à fonctions culturelles qui émerge comme une réponse architecturale innovante, capable de transformer une zone côtière en pôle écologique et attractif, en s'appuyant sur des technologies innovantes (matériaux innovants). Le tout dans une vision de requalification de la frange maritime de Salamandre.

Ainsi la question se pose : **Comment élaborer un aquarium à visées culturelles sur la façade maritime de Salamandre qui, grâce à l'incorporation de concepts de paysage intelligent et de matériaux intelligents, améliore la résilience du littoral tout en favorisant un tourisme durable en bord de mer ?**

La problématique « 1275 » :

Au fil du temps, l'évolution technologique a facilité l'apparition d'approches architecturales adaptatives, visant à répondre de façon plus rationnelle et durable aux défis climatiques. Ces méthodes proposent des solutions respectueuses de l'environnement et son identité propre, dans des conceptions sensibles à leurs contextes.

Les matériaux intelligents apparaissent comme une solution optimale avec une capacité d'interagir avec leur environnement et ses conditions climatiques permettant ainsi la création de façades capables de s'autoréguler et de minimiser leurs empreintes écologiques. L'intégration du biomimétisme ²apparaît donc comme une évidence, et cela parce qu'il est capable de reproduire des stratégies d'adaptation du monde vivant dans des dispositifs "innovants".

Il est important de noter que beaucoup de villes algériennes subissent aujourd'hui les conséquences du changement climatique, plus particulièrement les villes côtières qui font office de ligne de front à la montée des eaux. Cette réalité nous rappelle la nécessité d'intégrer les principes de durabilité et de résilience face aux enjeux climatiques.

² Biomimétisme²:(bio mimicry) Démarche consistant à observer et à imiter les solutions produites par la nature (formes, matériaux, processus, écosystèmes) afin d'innover dans les domaines scientifiques, technique ou architectural. (Le Petit Larousse illustré, édition 2024).

Comment l'intégration de matériaux hygromorphes peut-elle améliorer le confort dans le bâtiment et améliorer son efficacité, tout en répondant aux principes de développement durable en Algérie ?

L'hypothèse de recherche :

L'intégration de matériaux intelligents et hygromorphes en tant que système de bardage ventilé améliore considérablement le confort thermique des espaces intérieurs et protège la structure des pathologies causées par l'humidité dans les régions du littoral, le tout dans une vision de requalification urbaine du quartier de Salamandre.

Les objectifs de recherche :

1. Elaborer une stratégie de requalification du quartier de Salamandre dans une approche durable qui met en valeur la façade maritime avec des matériaux hygromorphes adaptatifs au contexte climatique et environnemental.
2. Améliorer la qualité des espaces publics et résoudre le conflit habitant vs touriste.
3. Valoriser le paysage de la façade maritime et de la ville de Mostaganem.

L'intérêt du travail :

Proposer une intervention urbaine et une innovation technique dans une démarche intégrée qui réponds à un besoin climatique, énergétique, économique et patrimonial qui vise à promouvoir le tourisme dans la ville de Mostaganem, le tout en créant un "modèle" pour les villes algériennes.

La méthodologie du travail :

Le volet investigation :

- Elaboration du chapitre introductif qui inclura la problématique, l'hypothèse et les objectifs de la recherche ;
- Nous abordons le concept de villes intelligentes et les particularités qui leur sont propres. Mais aussi les diverses stratégies d'intervention urbaine ;
- Nous faisons un examen approfondi des concepts de façades adaptatives et de matériaux ;
- hygromorphes, en les situant dans le contexte élargi du développement durable et de l'aménagement urbain côtier.

Le volet analytique :

- Présentation de la ville de Mostaganem et du quartier de Salamandre avec

motivation du choix ;

- Diagnostic urbain selon les approches suivantes : historique, séquentielle, typomorphologique, socio-économique ;
- Analyse de différentes stratégies d'intervention urbaine ;
- Elaboration du scénario d'intervention urbaine final et du programme.

Le volet production :

- Elaboration de la genèse du projet (suivie du programme), de l'esquisse et du projet architectural ;
- Elaboration et détails sur l'aspect stylistique et technique du projet architectural.

Le volet innovant :

- Elaboration de calculs et essais sur laboratoire ;
- Elaboration du prototype du matériau hygromorphe ;
- Elaboration du site web et du BMC.

Le contexte du travail :

Mostaganem, une ville localisée sur la côte occidentale de l'Algérie, jouit d'un précieux patrimoine naturel et paysager, caractérisé par sa proximité directe avec la mer Méditerranée. Toutefois, à l'instar de nombreuses métropoles littorales, elle est confrontée à divers défis écologiques et urbains : l'humidité, la corrosion, le poids du tourisme, et l'impératif d'ajuster ses infrastructures aux fluctuations climatiques et aux exigences modernes.

Dans cette perspective, la reconversion de la façade maritime représente une opportunité stratégique pour reconsidérer le lien entre l'urbain et son milieu marin, en tenant compte des principes du développement durable et de la smart city.

L'avancement constant des technologies digitales et des matériaux innovants ouvre actuellement la voie à une architecture plus sensible, plus respectueuse de l'environnement et mieux en phase avec les conditions locales.

Dans le cadre de ces avancées, les matériaux hygromorphes qui peuvent répondre spontanément aux changements d'humidité, constituent une approche encourageante pour élaborer des façades adaptatives réactives aux fluctuations du climat maritime.

De ce fait, cette étude s'inscrit dans un processus d'exploration de l'intégration de technologies intelligentes et de matériaux réactifs dans le cadre de la conception architecturale et urbaine à Mostaganem (Salamandre). Il tente de montrer comment ces méthodes

peuvent aider à construire un environnement urbain durable, adaptable et en accord avec le littoral, tout en mettant en valeur l'identité architecturale locale.

Chapitre 1 : Approche Théorique

Introduction

L'accélération de l'urbanisation, les crises écologiques et la révolution des technologies de l'information imposent aux villes de repenser en profondeur leurs modes de développement, de gestion et d'aménagement. Dans ce contexte, la notion de ville intelligente (smart city) s'impose comme un cadre de référence où les TIC, les systèmes connectés et les matériaux innovants sont mobilisés pour améliorer la qualité de vie, optimiser les ressources et renforcer la résilience urbaine, tout en s'inscrivant dans les principes du développement durable. Articulée autour de dimensions économiques, sociales, environnementales et technologiques, la ville intelligente se combine avec des stratégies d'intervention sur le tissu urbain et avec l'usage de matériaux adaptés pour construire des paysages urbains réactifs, performants et plus respectueux de l'environnement. Ce chapitre vise ainsi à éclairer les liens entre intégration technologique, durabilité et paysages intelligents, en montrant comment l'architecture et l'urbanisme peuvent tirer parti de ces outils pour concevoir des territoires contemporains plus adaptatifs et habitables. (Batty, M. et al., 2012), (Hollands, R. G., 2008)

Définition de concepts clés :

La thématique « intégration technologique et paysages intelligents » est vaste et multidisciplinaire, elle fait le lien entre l'architecture, l'urbanisme, la durabilité et les technologies. (Caragliu, A. et al., 2011)

1.1.1 Intégration technologique

Ce terme fait référence à l'intégration fluide des technologies numériques et écologiques dans la planification urbaine et l'architecture.

1.1.1.1 Principes essentiels :

- Ville intelligente (Smart City)
- Architecture intelligente (Smart Architecture) : Des édifices dotés de systèmes automatisés (capteurs, matériaux réactifs, IA) qui ont la capacité de moduler leur fonctionnement en fonction de l'environnement (température, humidité, lumière).
- Internet des objets (IdO) : Ensemble d'objets interconnectés (capteurs, équipements, infrastructures) qui facilite la collecte et l'analyse de données pour une gestion adaptative des espaces.

- Matériaux intelligents : Matériaux qui ont la capacité de changer leurs caractéristiques en réaction à des stimuli externes (par exemple : hygromorphes, thermoactifs, photochromiques) (des façades hygromorphiques qui s'ouvrent ou se ferment en fonction de l'humidité).
- Technologies durables : Innovations ciblant la minimisation de l'impact écologique des constructions : énergies renouvelables, recyclage de l'eau, suivi environnemental. (Paül, V. & Tonts, M., 2015)

1.1.2 Paysages intelligents :

Le paysage intelligent est un espace paysager intégré à des technologies numériques (capteurs, IoT, intelligence artificielle) permettant une gestion adaptative et interactive des ressources (eau, lumière, mobilité, biodiversité). Il s'agit d'un paysage réactif, capable d'évoluer selon les conditions environnementales et les usages.

1.1.2.1 Principes essentiels :

- Écologie digitale (Digital Ecology) : Utilisation de capteurs et d'outils numériques pour analyser, contrôler et revitaliser les écosystèmes en milieu urbain. (Elmaghraby, A. S. & Losavio, M., 2014).
- Résilience paysagère : Aptitude du paysage à se modifier en réponse aux transformations climatiques et urbaines, à travers des stratégies technologiques et écologiques conjuguées. (Ahern, J., 2011).
- Biophilie et biomimétisme : Méthodes de conception qui tirent parti des formes, structures et comportements naturels pour concevoir des espaces durables et réactifs.
- Infrastructure intelligente verte et bleue : Des réseaux écologiques (végétation, eau, vent) interconnectés à des systèmes numériques pour contrôler la température, l'humidité et la qualité de l'air.

1.1.3 Convergence des deux notions :

L'objectif de l'intégration technologique dans les paysages intelligents est de créer des écosystèmes hybrides : où la technologie ne domine pas, mais soutient plutôt la nature.

1.1.3.1 Principes essentiels :

- Urbanisme adaptatif : Planification souple et réactive basée sur des données en temps réel.

- Design éco-technique : Fusion de l'esthétique naturelle et de la performance technologique.
- Structures autonomes : Systèmes qui se modifient d'eux-mêmes sans intervention humaine (façades adaptatives, détecteurs climatiques).
- Design centré sur l'utilisateur : L'innovation technologique et environnementale continue de mettre l'homme au cœur de ses préoccupations.

1.1.4 Les villes intelligentes :

1.1.4.1 Définition :

La ville intelligente, de l'anglais smart city, désigne des politiques urbaines utilisant les technologies de l'information et de communication (TIC) pour accélérer la transition écologique d'une ville tout en affichant sa compétitivité internationale. Le terme désigne à la fois un programme, un processus, et leur résultat effectif. (Géoconfluences, 2016)

Le quartier intelligent, ou smart community en anglais, repose sur la gestion des données (notamment de consommation électrique, voir → réseaux intelligents) à l'échelle d'un quartier, permettant une régulation de la consommation via des interfaces domestiques. L'ensemble des bâtiments et des systèmes de mobilités (par exemple stations d'autopartage) sont reliés entre eux et à un système central. C'est notamment le cas au Japon dans le cadre de partenariat entre les collectivités locales et les grandes entreprises d'énergie ou d'immobilier. (Matthieu Adam, Émeline Comby, 2020)

La ville intelligente, également connue sous le nom de smart-city, se retrouve au début des années 90 dans le livre « The Technopolis Phenomenon », de Gibson, Kozmetsky et Smilor prédisant l'émergence d'un phénomène faisant référence à un lien primordial entre technologie et développement urbain, qui contribuent à la qualité de vie. Ensuite, ce terme est devenu au fil des ans très populaires. D'ailleurs, il prend aujourd'hui le contrôle des grandes villes du monde. (Gibson, D. V. et al., 1992)

C'est l'étude fondatrice³ qui a introduit les six dimensions de la ville

³ L'étude fondatrice : Le terme « étude fondatrice » signifie qu'il s'agit d'une recherche scientifique ou académique qui a posé les bases d'un concept ou d'un champ d'étude. Dans le cas de la ville intelligente, l'étude fondatrice est celle de Giffinger et al., 2007, qui a donné la structure encore utilisée aujourd'hui dans les travaux universitaires et professionnels.

intelligente :

- Smart Economy (économie intelligente)
- Smart People (citoyens intelligents)
- Smart Governance (gouvernance intelligente)
- Smart Mobility (mobilité intelligente)
- Smart Environment (environnement intelligent)
- Smart Living (mode de vie intelligent)

1.1.4.2 Les caractéristiques de la ville intelligente :

1. Une économie intelligente (Smart Economy) :

- Encourage l'innovation, la recherche et l'entrepreneuriat dans le -domaine technologique. Utilise le digital et les informations pour accroître la productivité et la compétitivité.
- Soutient les jeunes entreprises innovantes, les pôles technologiques et les investissements écoresponsables.
- Recours à des instruments d'analyse économique prédictive pour optimiser la planification du développement local.

2. Des citoyens intelligents /Des individus astucieux (Smart People) :

- Des citoyens informés, reliés et impliqués.
- Accès simplifié à la formation en ligne et à la culture technologique.
- Promotion de la co-construction urbaine (les résidents sont impliqués dans les décisions et les projets).
- Favoriser la diversité, la créativité et le travail collaboratif.

3. Une gouvernance intelligente (Smart Governance) :

- Urbanisme basé sur la transparence, l'implication des citoyens et la dématérialisation. •Recours aux données ouvertes (Open Data) pour orienter les décisions.
- Allègement des services publics par le biais des plateformes digitales.
- Établissement d'une gouvernance coopérative entre institutions, entreprises et citoyens.

4. Une mobilité intelligente (Smart Mobility) :

- Élaboration de moyens de transport durables et interconnectés (voitures électriques, bicyclettes en libre-service, transports publics intelligents).

- L'emploi de capteurs et d'applications afin d'optimiser les courants de circulation. Diminution des émissions nuisibles et du temps de déplacement.
 - L'intégration des modes de transport variés (train, bus, vélo, marche).
5. Un environnement intelligent (Smart Environment) :
- Gestion durable des ressources naturelles telles que l'eau, l'énergie et les déchets.
 - Contrôle en direct de la qualité de l'air, de l'eau et des sols.
 - Infrastructures et bâtiments écologiques, interconnectés et productifs en énergie.
 - Mise en valeur de la biodiversité urbaine et des espaces verts intelligents.
6. Un mode de vie intelligent (Smart Living) :
- Amélioration du bien-être en milieu urbain et de la qualité de vie grâce à la technologie.
 - Élaboration de résidences intelligentes (automatisation domestique, performance énergétique).
 - Accès facilité à la santé, à la culture et aux divertissements en ligne, grâce à des systèmes intelligents de surveillance et d'alerte, la sécurité est améliorée. (Giffinger et al., 2007)

1.1.4.3 Technologie innovante en ville :

L'utilisation de technologies innovantes, de TIC et de données se retrouve dans presque toutes les définitions des villes intelligentes. Un examen de la littérature existante montre que l'utilisation des TIC pour rendre les villes plus intelligentes est un sujet important. En mettant en œuvre de nouvelles technologies dans la structure urbaine existante, une ville pourrait devenir plus intelligente.

Aujourd'hui, un peu plus de deux siècles après la révolution industrielle et quelques décennies seulement après l'invention de l'ordinateur, nous nous adaptons une fois de plus aux changements écrasants qui découlent de la communication accélérée, issus de la révolution des TIC. Les progrès technologiques ont déterminé l'importance croissante des infrastructures d'information et de communication dans tous les processus d'urbanisation. (Giffinger R, 2007)

1.1.5 Les types d'interventions urbaines :

1.1.5.1 La restructuration :

C'est une opération qui propose l'intervention sur les voiries et les réseaux divers, mais aussi l'implantation de nouveaux équipements. Comme elle peut proposer une

destruction partielle d'îlots, une désaffectation des bâtiments en vue d'une autre activité et un transfert d'activités de toute nature qui par conséquent modifie les caractéristiques du quartier. Elle consiste localement en l'évacuation et l'éradication de l'habitat précaire menaçant ruine ou celui localisé à l'intérieur des servitudes des voies à grandes circulation, de même, la dédensification des cités, la viabilisation des sites ; le désenclavement des sites isolés ; la création de centre d'équipements ; la création de nouveaux accès aux sites et l'aménagement des espaces extérieurs. (VertigO, 2018)

1.1.5.2 La rénovation :

C'est une opération physique qui préserve le caractère principal d'un quartier, mais qui constitue une intervention profonde sur le tissu urbain existant pouvant comporter la destruction d'immeubles vétustes et reconstruction sur le même site d'immeubles de la même nature. Elle consiste localement en une mise en état du cadre bâti dégradé, une densification des enclaves avec le traitement des façades urbaines sur les voies principales. La création et la recomposition de voies, la réaffectation des terrains libérables après le transfert des activités et des emprises militaires en équipements, l'intégration des aires de stationnement aux îlots existants et enfin l'aménagement de places qui précèdent les équipements. (Camif Habitat, 2024)

1.1.5.3 La réhabilitation :

C'est une opération qui consiste en la modification d'un bâtiment ou d'un groupe de bâtiments en vue de leur donner les commodités essentielles. Elle désigne au sens large le fait de réaménager un local, un bâtiment ou un lieu (quartier, friche, espace vert...). Il s'agit de l'amélioration d'un bâti déconsidéré par son mauvais état, en améliorant les toitures, les façades, le confort sanitaire. Elle consiste localement en la prise en charge des immeubles menaçant ruine, la sauvegarde des façades existantes. La reconstruction des terrains libres tout en respectant l'environnement bâti et l'aménagement de la voirie. (Cahiers ESPI2R, 2024)

1.1.5.4 La restauration :

C'est une opération qui permet la mise en valeur ou la remise en bon état un bâtiment ou un ensemble architectural tout en gardant son aspect initial, elle s'applique particulièrement aux sites classés ou édifices inscrit comme monuments historiques ou présentant un caractère historique. (Merlin, P. & Choay, F., 2009)

1.1.6 Composantes du paysage urbain :

Le paysage urbain est un système complexe constitué par l'interaction de cinq principales classes d'éléments :

- Le Bâti : Il s'agit des édifices (bâtiments, immeubles, monuments) et des infrastructures (routes, ponts, mobilier urbain) qui constituent la structure de la ville.
- Les espaces non bâtis : Les « espaces vides » qui apportent de l'air à la ville, tels que les parcs, les jardins, les rivières, les places et les terrains vagues. (Donadieu, P., 1998)
- La population et ses activités : L'aspect humain et vivant, englobant les mouvements de personnes et de véhicules, les commerces et les activités sociales qui dynamisent l'espace. (Lynch, K., 1960)
- Les composants naturels : La topographie, l'eau, la flore et le climat qui ont un impact sur la configuration et l'ambiance de la cité.
- Les éléments intangibles : Les atmosphères sensorielles (comme les sons, les odeurs, les lumières) et l'identité culturelle ou historique qui confèrent à un lieu sa singularité.

(Paulet, 2000)

1.1.7 Le développement durable :

Les crises écologiques, économiques et sociales remettent sans cesse en question les modes de fonctionnement de nos sociétés. Apparue au milieu des années 1970 avec le rapport Brundtland, le concept de développement durable a désormais toute sa place dans les prises de décisions des citoyens, des entreprises, des États. La prise de conscience autour de la nécessité de trouver un modèle économique conciliant environnement et social permet aujourd'hui d'affirmer qu'une autre voie est possible. (CMED, 1987)

1.1.7.1 Définition :

Le développement durable est défini dans le Rapport Brundtland en 1987 comme étant « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». Il a pour but ultime d'agir pour la pérennité de la société, et ses trois dimensions sont les suivantes : économique, environnementale et sociale.

Il se veut ainsi économiquement efficient, écologiquement soutenable et socialement équitable. Un certain équilibre entre ces trois piliers doit donc être recherché, ce qui

implique de respecter les ressources naturelles qui sont à la base de notre économie. Celle-ci a elle-même comme finalité le progrès social. Le développement durable garantit dans ce sens une meilleure répartition des richesses, la protection des écosystèmes, la réduction des inégalités et de la pauvreté, etc. (Barbier, R., 2014)

1.1.7.2 Les dimensions du développement durable :

- La dimension économique : garantir une croissance durable, créatrice d'emplois et d'innovation, tout en exploitant de manière efficace les ressources à disposition.
- La dimension sociale : assurer l'équité, la solidarité sociale, l'accès à l'éducation, aux soins de santé et à un environnement de vie de qualité pour chacun.
- La dimension écologique : sauvegarder les écosystèmes, minimiser la pollution, défendre la biodiversité et promouvoir une gestion durable des ressources naturelles.

Par conséquent, le développement durable n'est pas seulement une question de préservation de l'environnement, mais nécessite une refonte complète des pratiques de production, d'aménagement et de gouvernance pour créer des territoires durables, justes et habitables. (Sachs, I.2015)

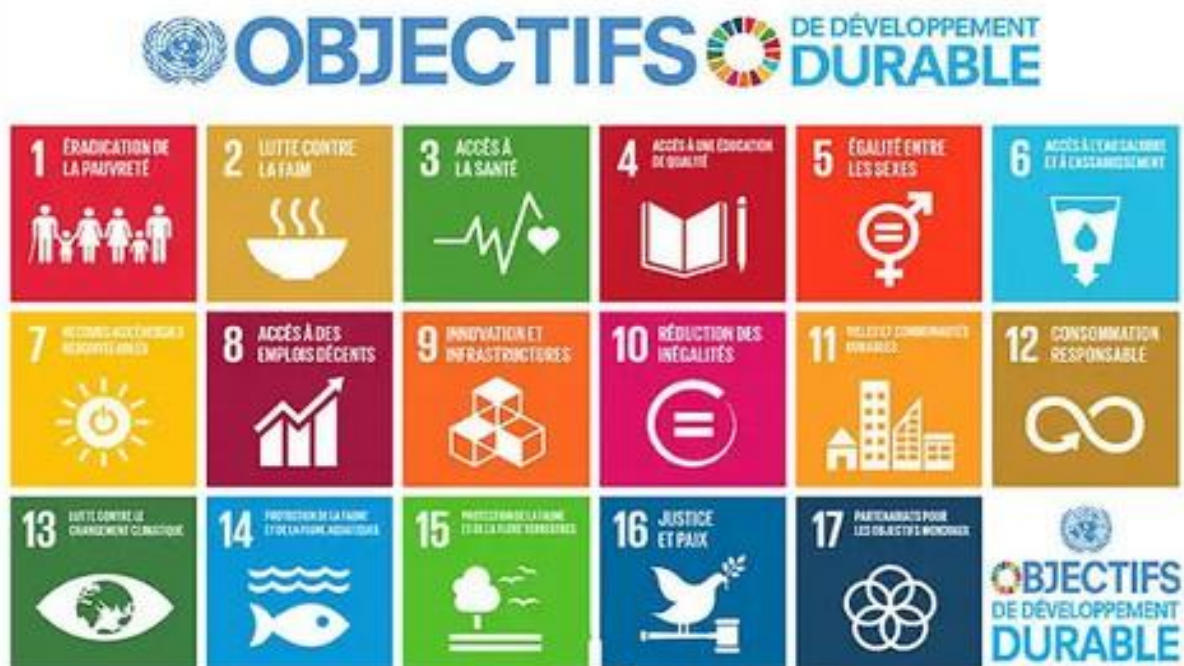


Figure 1 : Les 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) de l'ONU.
(source : Nations Unies (2015). Agenda 2030 pour le développement durable.)

1.1.8 Les matériaux résistants à l'humidité et à l'eau :

Il faut d'abord éclaircir quelques concepts clés :

- Un matériau hydrophobe : celui qui repulse l'eau, qui elle aussi perle et ruisselle.
- Un matériau non poreux : Ne présente pas d'interstices pour la vapeur d'eau ou l'eau liquide.
- Un matériau stable : Qui ne gonfle, ne se déforme, ne pourrit ni ne corrode pas en présence d'humidité. (Vivrosec, 2025)

1.1.8.1 Structure du bâtiment :

- Le béton et le béton Armé :

C'est un matériau résistant à l'humidité de l'air malgré qu'il soit poreux (remédiable par des enduits étanches) et qui peut devenir plus étanche par l'ajout d'adjuvants hydrofuges. Il est idéal pour les fondations en milieu humide. (BFL France, 2024)

- Les métaux :
 - Acier Galvanisé ou inoxydable : Utilisé pour diverses fonctions : la structure, les façades ventilées et les toitures. Exemple : L'inox 316 est parfait pour les environnements marins.
 - Aluminium : C'est un matériau léger résistant à la corrosion, utilisé généralement pour les menuiseries, les panneaux de façade et les gouttières.
 - Cuivre, Zinc, Acier Corten : Ils développent une patine protectrice qui les rend extrêmement durables. Utilisés en couverture (toit) et pour les bardages.
- Le bois et ses dérivés :
 - Bois Exotiques (Teck, Ipé) : Naturellement résistants grâce à leurs huiles.
 - Bois Traité Autoclave (Classe 4) : Imprégné sous pression pour résister au pourrissement. Pour les structures extérieures (terrasses, bardages, pilotis).
 - Contreplaqué et OSB "Marine" : Collés avec des résines phénoliques étanches. Pour les coffrages perdus, les soubassements, les toitures plates. (Vivrosec, 2025)

- Panneaux de ciment ou fibrociment :

Totalement inertes, imputrescibles et résistants à l'eau. Ils se présentent comme une alternative moderne à la plaque de plâtre en zone humide. Ils sont utilisés généralement pour les sous-couches du carrelage, douches à l'italienne, murs extérieurs, bardages. (BFL France, 2024)

- Revêtements de sol et revêtement muraux (Intérieurs et Extérieurs) :

Ces matériaux sont soumis à l'usure et aux contacts directs avec l'eau.

- Céramique et porcelaine : Non poreuses, imputrescibles, faciles à nettoyer. Le grès cérame est particulièrement résistant.
- Pierre naturelle (dense et scellée) : Le granit, le quartzite et l'ardoise (bien scellés) sont excellents. Éviter le marbre poreux dans les douches.
- Pierre d'ingénierie / Quartz : Non poreux, ne nécessite pas de scellement. Plus uniforme et résistant que la pierre naturelle.
- Béton ciré / Résine époxy : Créent une surface continue, sans joint, totalement imperméable.
- Tapis de pierre et galets : Revêtement perméable mais très résistant, composé de pierres ou de galets noyés dans un liant (résine époxy ou ciment). (Vivrosec, 2025)

- Menuiseries et Fermetures :

Ces éléments assurent l'étanchéité et la ventilation.

- Menuiseries en PVC : Inaltérable, excellent isolant thermique et parfaitement étanche.
- Menuiseries en aluminium : Léger, solide et résistant à la corrosion. Peut recevoir une rupture de pont thermique.
- Menuiseries en bois : Doivent être impérativement en bois traité et protégées par des peintures ou lasures microporeuses de haute qualité. (CSTB., 2015)

- Isolants :

- Mousse de Polyuréthane (PUR) et Polysocyanurate (PIR) : Cellules fermées, presque imperméables. Souvent appliqué par projection, il forme une barrière étanche continue.
- Liège expansé : Naturel, imputrescible et résistant à l'humidité grâce à sa subérine.
- Verre cellulaire : Isolant minéral 100% étanche et imputrescible. Idéal pour les toitures terrasses et les sous-sols.
- Laines minérales à haute densité : Certaines laines de roche ou de verre sont conçues pour résister à l'humidité en façade ou en toiture. (CSTB., 2015)

1.1.8.2 Principes Architecturaux Clés

Au-delà des matériaux, la conception est primordiale.

- Ventilation : Une Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) efficace est indispensable pour évacuer l'humidité intérieure (cuisine, salle de bain).
- Étanchéité à l'air : Une membrane d'étanchéité à l'air bien posée (ex : frein-vapeur) contrôle les flux de vapeur d'eau dans les parois.
- Barrières de vapeur : Feuilles ou membranes placées du côté chaud de l'isolant pour empêcher la vapeur d'eau de pénétrer dans la paroi et d'y condenser.
- Écrans sous-toiture et pare-pluie : Membranes placées derrière le bardage ou les tuiles pour évacuer les eaux d'infiltration tout en laissant la paroi "respirer".
- Gestion des eaux pluviales : Pentes, gouttières et drains efficaces pour éloigner l'eau de la structure.
- Assèchement des maçonneries : Pour les bâtiments anciens, des techniques comme les cuvelages ou les drains périmétraux sont essentielles. (Mounier, D., 2010), (CSTB., 2015), (Herzog, T. et al, 2004).

1.1.9 Les matériaux hygromorphes :

1.1.9.1 Définition :

Un matériau hygromorphe est un matériau qui varie en forme (se dilate, se contracte, se courbe) selon le taux d'humidité.

Lorsqu'il est utilisé dans une façade, il assure une ventilation, une protection solaire et une régulation thermique passives, sans nécessité de recourir à l'énergie mécanique ou électrique.

Les propriétés hygroscopiques du bois ont été utilisées dans les façades adaptatives pour répondre aux variations du taux d'humidité.

Des matériaux à forme variable ont été développés pour remplacer les actionneurs mécaniques qui réagissent aux variations climatiques sans consommer d'énergie

1.1.9.2 La conception hygroscopique :

Dans la conception hygroscopique, le bois est principalement utilisé comme couche active principale qui initie le mouvement, tandis que les couches passives comprennent soit des bois tendres, soit d'autres types de matériaux, tels que le nylon, le caoutchouc, les métaux, la fibre de verre, etc.

Les échantillons de bois laminé utilisent du bois dur comme couche active et du bois tendre comme couche passive qui limite le changement dimensionnel de l'échantillon, ce qui se traduit par une surface courbe et une réduction de

La directionnalité et de la vitesse de réponse globales, en plus de développer des charges de contrainte internes qui tendent à contrôler la réponse au mouvement.

Ce comportement de mouvement peut toutefois être réduit en fonction de plusieurs aspects, tels que le bois passif avec un faible coefficient d'expansion, le type de coupe du bois et les couches de bois passives dont l'épaisseur est inférieure à celle des couches actives. D'autre part, des matériaux à faible hygroscopicité, tels que les polymères synthétiques, le tissu de jute et les composites renforcés de fibre de verre, se sont avérés être utilisés comme couche passive pour maintenir la stabilité du changement dimensionnel (Hosltov et al., 2015) (Nervegna, P. & Menges, A., 2015)

1.1.9.3 Matériaux hygromorphes pour façades adaptatives :

- Bois naturel : se dilate à l'humidité et se contracte lorsqu'il sèche : des lamelles qui s'ouvrent ou se referment tel un volet (inspiration d'une pomme de pin).

- Composites bimorphes : deux matériaux réagissant de manière distincte (par exemple, le bois et le polymère) : la variation de leur expansion entraîne une courbure qui ouvre ou ferme la façade.
- Polymères (hydrogels) : ils se dilatent en absorbant l'eau et se contractent lorsqu'ils sèchent : utilisés pour actionner des volets ou membranes minces.
- Textiles hygromorphiques : des fibres qui se rétractent ou se déforment en fonction de l'humidité, idéales pour les façades légères (systèmes à double peau, membranes).

Chacun utilise la réaction naturelle aux variations d'humidité pour concevoir des façades dynamiques, passives et exemptes de mécanique énergétique. (Reichert, S. et al 2014).

1.1.9.4 Bénéfices d'une façade hygromorphique :

- Façade autonome et dynamique : aucun besoin de moteurs, capteurs ou alimentation électrique.
- Économie d'énergie : gestion passive de la lumière, de l'aération et de la chaleur.
- Durabilité : faible entretien (si matériaux robustes soigneusement sélectionnés).
- Esthétique avant-gardiste : des façades dynamiques qui évoluent avec les variations météorologiques.

1.1.10 Façade adaptative :

Une façade adaptative est une enveloppe architecturale dynamique qui réagit aux variations climatiques et environnementales (lumière, humidité, vent, température). Elle intègre des systèmes passifs ou actifs (capteurs, matériaux intelligents, mécanismes mobiles) pour ajuster ses performances thermiques, lumineuses ou esthétiques.

Conclusion :

L'intégration technologique et les paysages intelligents sont le fruit d'une convergence graduelle entre la ville intelligente, l'architecture réactive et l'écologie urbaine. En

combinant les TIC, les matériaux intelligents et la gestion adaptative des ressources, la ville intelligente transcende la seule performance numérique pour devenir un environnement résilient et inclusif. Elle repose sur une participation active des citoyens et sur le principe du développement durable. Cette méthode pave la voie vers de nouvelles stratégies d'intervention en milieu urbain susceptibles de modifier le paysage urbain tout en sauvegardant ses identités matérielles, sociales et environnementales. Ceci est notamment réalisé par l'emploi de matériaux résistants à l'humidité et de façades adaptatives hygromorphes dans les projets localisés dans des environnements humides. (Mostafavi, M. & Doherty, G., 2010), (Graham, S. & Marvin, S., 2001), (De Jong, M. et al, 2015).

Chapitre 2 : Approche Innovante

2.1 Introduction :

Avec le temps, les progrès technologiques ont permis l'émergence de démarches architecturales adaptatives, visant à répondre de façon plus rationnelle et durable aux défis climatiques actuels. Contrairement aux modèles génériques et énergivores du siècle dernier, ces nouvelles méthodes offrent désormais des solutions écologiques. Dans cette recherche d'une architecture résiliente, les matériaux « intelligents » semblent être une solution optimale. Dotés d'une capacité naturelle à réagir en temps réel aux conditions climatiques alentour, ils permettent la mise au point d'enveloppes et de façades capables de s'autoréguler d'elles-mêmes, réduisant ainsi de façon drastique leur empreinte écologique.

Ainsi, l'intégration du biomimétisme s'impose comme une évidence à la fois scientifique et conceptuelle : il permet de décrypter et de reproduire les stratégies d'adaptation du monde vivant afin de les transposer en dispositifs architecturaux innovants. Une résonance cruciale de cette approche par le vivant s'entend dans le contexte géographique nord-africain. De nombreuses villes algériennes subissent aujourd'hui pleinement les conséquences du changement climatique, notamment les villes côtières qui jouent le rôle de première ligne face aux perturbations thermiques, à l'instabilité hygrométrique et à la montée des eaux. Cette réalité territoriale pressante rappelle l'absolue urgence d'intégrer les principes de durabilité et de résilience locale face aux enjeux environnementaux actuels. (Benyus, C., 2013).

C'est à l'intersection de ces urgences territoriales et de ces innovations biomimétiques que se place notre recherche. Dès lors, une question centrale s'impose : comment l'intégration de matériaux hygromorphes peut-elle améliorer le confort dans le bâtiment et optimiser son efficacité, tout en répondant concrètement aux principes de développement durable en Algérie ?

Pour répondre à cette question, ce chapitre cherchera tout d'abord à définir les bases théoriques et les modèles naturels de l'hygromorphisme.

Nous verrons ensuite l'état de l'art de ses applications architecturales, avant de présenter les résultats de notre propre expérimentation matérielle par la réalisation d'un prototype réactif.

Enfin, nous évaluerons les modalités d'intégration de ce système au sein d'une enveloppe architecturale adaptée aux spécificités climatiques de notre site d'étude.

2.2 Fondements théoriques :

2.2.1 Le modèle naturel :

Les hygromorphes sont des matériaux composites capables de se déformer de manière réversible en réponse aux variations d'humidité ambiante. Leur principe de fonctionnement s'inspire directement d'un mécanisme naturel observé chez les pommes de pin.

Les écailles des pommes de pin possèdent une structure bicouche : chaque écaille est constituée de deux couches de cellules dont les microfibrilles de cellulose sont orientées différemment. Lorsque l'humidité varie, ces couches gonflent ou rétrécissent de manière anisotropique (plus dans le sens transversal que longitudinal), créant un déséquilibre dimensionnel qui fait fléchir l'écaille. Par temps sec, les écailles s'ouvrent pour libérer les graines ; par temps humide, elles se referment. Ce mouvement est réversible et se répète même après la mort des tissus de l'écaille. (Reichert, S. et al, 2014).



Figure 2 : photo qui illustre les variations observées chez les pommes de pin (source : wikipédia)

2.2.2 La physique du phénomène :

Les hygromorphes artificiels reproduisent ce principe bilame : une couche active hygroscopique (souvent à base de bois) se dilate ou se contracte avec l'humidité, tandis qu'une couche passive la contraint, forçant le matériau à se courber ou à se tordre. Ainsi, comme la pomme de pin, un hygromorphe agit comme un actionneur passif, sans électricité ni mécanisme complexe, réagissant uniquement aux conditions environnementales.

2.2.3 Vers une architecture “sans moteurs” :

L'un des apports majeurs des hygromorphes réside dans le principe d'actionnement passif. De nos jours, l'architecture adaptative ou cinétique repose sur des modèles hautement technologiques qualifiés de « domotique ». Pour qu'une façade s'adapte, l'architecture conventionnelle déploie un réseau complexe de composants : des capteurs électroniques mesurent les données météorologiques, un ordinateur central traite les informations, et des

moteurs, vérins ou servomoteurs consomment de l'énergie électrique pour déplacer physiquement les éléments de l'enveloppe.

Cette dépendance technologique est performante à court terme mais présente des limites structurelles évidentes : une consommation énergétique constante, un coût de maintenance élevé, des risques de pannes mécaniques et une obsolescence rapide des composants électroniques. Par ailleurs, l'empreinte carbone associée à la fabrication et au recyclage de ces systèmes est souvent en contradiction avec les ambitions écologiques affichées.

L'hygromorphisme propose une rupture paradigmatique totale en éliminant l'intermédiaire de la machine. Ici, **le matériau devient lui-même le capteur, le processeur et l'actionneur.**

2.3 État de l'art et applications architecturales :

2.3.1 Wood-based hygromorphic materials for sustainable responsive architecture, Artem Holstov 2018 :

1. Objectifs et motivation :

L'étude vise à combler les lacunes techniques qui empêchent l'utilisation à grande échelle de ces matériaux dans le bâtiment, L'objectif est de proposer une alternative aux systèmes adaptatifs complexes et coûteux par une approche biomimétique, robuste et à faible consommation énergétique.

2. Principe de fonctionnement :

Le mécanisme repose sur une structure bicouche inspirée des écailles de cônes de conifères. Il utilise la dilatation différentielle entre :

- Une couche active en bois (qui gonfle ou se rétracte selon l'humidité).
- Une couche passive (généralement synthétique comme la fibre de verre) qui contraint ce mouvement, forçant le composite à se courber.

3. Méthodologie et prototypage :

Le chercheur a mené 25 types de tests expérimentaux pour évaluer les propriétés mécaniques, la réactivité et la durabilité. Quatre méthodes de fabrication ont été particulièrement étudiées :

- Le collage structurel complet.
- Le collage par points (spot-gluing).

- La lamination directe de fibres sur le bois.
- La fixation mécanique (rivets ou boulons), qui permet d'assembler des couches de bois humide.

4. Programmation et performance :

- Le mémoire démontre qu'il est possible de « préprogrammer » le comportement du matériau (sa forme initiale et son amplitude de mouvement) en ajustant l'humidité du bois lors de la fabrication ou en utilisant des moules courbes.
- Consistance cyclique : L'étude identifie que les premiers cycles de mouvement peuvent être irréguliers à cause de déformations plastiques internes au bois avant de se stabiliser.
- Durabilité : Des tests d'exposition extérieure pendant plus d'un an ont montré que, malgré une érosion de surface et des attaques fongiques, les matériaux conservent l'essentiel de leur capacité de réponse.

5. Applications architecturales :

Le travail catalogue 30 applications potentielles. Les plus prometteuses incluent des enveloppes de bâtiment auto-adaptatives (bardages qui s'ouvrent pour ventiler par temps sec et se ferment sous la pluie pour l'étanchéité) et des capteurs d'humidité passifs. Le mémoire se conclut sur la conception du premier bâtiment permanent à grande échelle (un observatoire ornithologique) intégrant cette technologie.

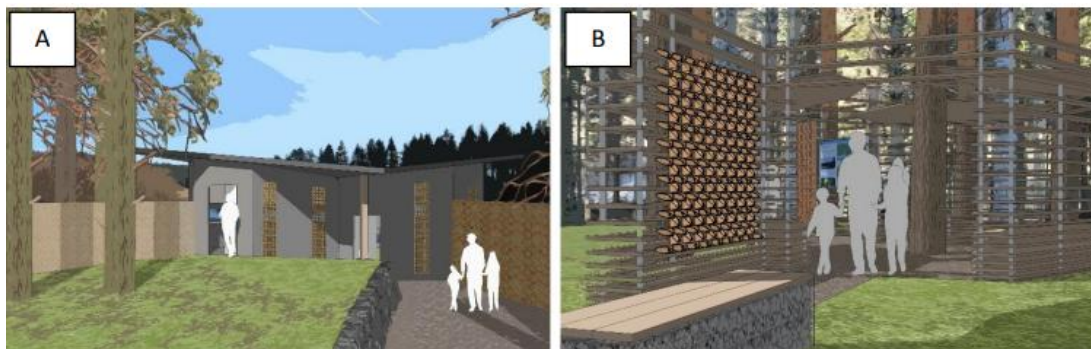


Figure 3 : application architecturale des panneaux hygromorphes dans un observatoire ornithologique. (source : holstov)

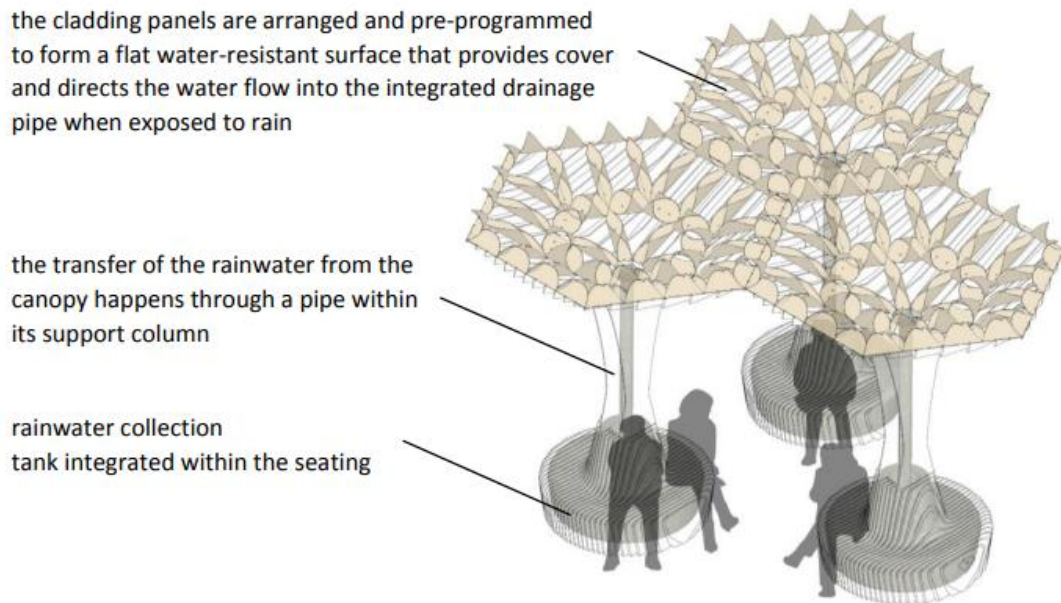


Figure 4 : intégration des hygromorphes dans des bancs (aménagement paysager) (source : holstov).

En résumé,

cette thèse transforme un concept théorique biomimétique en une technologie de construction viable, soutenue par des méthodes de fabrication précises et des outils de modélisation numérique pour prédire le mouvement du bois.

2.3.2 Le pavillon Hygro Skin :

1. Fiche technique :

- Nom du projet : HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion.
- Année de réalisation : 2013.
- Conception : Achim Menges Architect (en collaboration avec Oliver David Krieg et Steffen Reichert).
- Institution : Institute for Computational Design (ICD) - Université de Stuttgart.
- Localisation actuelle : Collection permanente du FRAC Centre (Orléans, France).



Figure 5 : photo du pavillon hygroskin à Orléans, France. (Source : archdaily)

2. Principe de fonctionnement :

Les composants hygroscopiques en bois sont calibrés pour réagir aux variations d'humidité relative ambiante dans une plage de 45% à 75%, correspondant aux conditions climatiques modérées d'Europe centrale. En rétroaction directe avec le microclimat local, les ouvertures ajustent leur degré d'ouverture et la porosité de l'enveloppe, modulant en continu la relation entre l'intérieur et l'extérieur du pavillon par des mouvements subtils.

3. Processus de conception et de fabrication :

- Intelligence matérielle : Des ouvertures autonomes et réactives sont intégrées dans un système multicomposant fabriqué par robot. Chaque ouverture combine un treillis en polyuréthane avec des éléments en bois qui agissent comme des actionneurs hygroscopiques.
- Intelligence de fabrication : Les modules sont constitués d'une construction sandwich — deux couches de contreplaqué de 4 mm avec une âme en polystyrène de 100 mm. La fabrication robotisée utilise un bras industriel à sept axes. Les tolérances cumulées sont inférieures à 1 mm, avec un écart médian de moins de 0,6 mm vérifié par scan laser 3D.
- Intelligence structurelle : La géométrie conique des modules, combinée à un agencement en coque sur le principe des « plate shells », offre une grande rigidité structurale tout en minimisant le poids. L'analyse par éléments finis confirme que la majorité des charges sont reprises axialement. (ArchDaily, 2014)

4. Résultats et conclusion :

Le prototype démontre qu'une approche intégrative de conception et de production — reliant le comportement du matériau, le développement numérique, la conception computationnelle et la fabrication robotisée — permet de réaliser une morphologie géométriquement complexe, légère, précise et dotée d'une peau architecturale climatique réactive. Le pavillon a été commandé par le Fonds Régional d'Art Contemporain du Centre et fait désormais partie de la collection permanente du FRAC Centre à Orléans. (Nervegna, P., & Menges, A., 2015) (Menges, A. et al, 2013)

1.3 Protocole expérimental et prototypage :

Dans le cadre du développement d'une façade hygromorphe biomimétique, plusieurs essais expérimentaux ont été réalisés afin d'étudier le comportement du bois de hêtre face aux variations d'humidité. Ces tests ont permis d'évaluer l'influence de différents traitements et

compositions, notamment l'ajout de fibre de jute et l'application de vernis, sur la réaction hygromorphique du matériau.

L'objectif principal de cette expérimentation est d'identifier la solution la plus adaptée pour la conception d'une enveloppe architecturale passive, capable de s'adapter naturellement aux conditions climatiques sans consommation énergétique.

Les essais effectués :

Tableau 1 : essais réalisés lors du protocole expérimental (source : auteurs)

Famille d'essais	Essai	Normes de référence	Objet de l'essai	Intérêt pour les matériaux hygromorphes
Hygroscopiques	Teneur en humidité	ISO 13061-14 ASM D4442	Déterminer la quantité d'eau contenue dans le bois	Base du comportement hygromorphe

Essai hygrosopique : Teneur en humidité du bois

Tableau 2 : détails sur l'essai hygrosopique (source : auteurs)

Famille d'essais	Essai	Méthodologie	Résultats obtenus	Conclusion
Hygroscopiques	Teneur en humidité	Un échantillon de bois en forme triangulaire, représentant le prototype de façade, a été découpé puis mesuré à l'aide d'un pied à coulisse et d'une balance de précision. La masse initiale obtenue est de 8,469 g. L'échantillon a ensuite été placé dans une étuve à 105°C pendant 24 h afin d'éliminer l'humidité contenue dans le bois. Après séchage, l'échantillon a été de nouveau pesé et mesuré.	Masse humide : 8,469 g \n Masse sèche : 7,643 g \n Perte de masse : 0,826 g TH 10,81 %.	Le bois présente une capacité importante d'absorption d'humidité, ce qui confirme son comportement hygromorphe et sa capacité de déformation selon les variations hygrométriques.

Famille d'essais	Essai	Méthodologie	Résultats obtenus	Conclusion
		La masse sèche obtenue est de 7,643 g.		

1. Mesure des dimensions (initiales) de l'échantillon à l'aide d'un pied à coulisse :

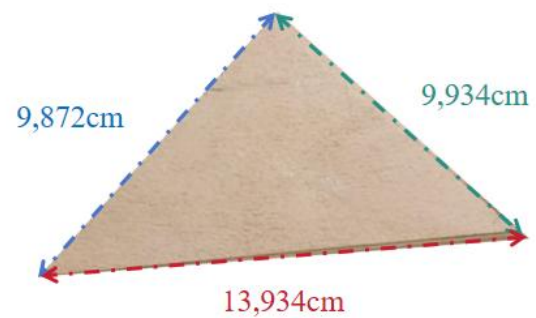


Figure 6 : dimensions du module triangulaire hygromorphe
(source : auteurs)

2. Mesure de la masse humide (initiale) à l'aide d'une balance de précision :

3. Etuvage pendant 24h à 105°C (séchage) :

4. Calcul de la teneur en humidité :

La teneur en humidité est calculée par la formule suivante :

$$TH = (mh - ms) / ms \times 100$$

Donc :

$$TH = (m - m') / m' \times 100$$

Avec:

$m = 8,469$ g (masse humide)

$m' = 7,643$ g (masse sèche)

Résultat :

$$TH = (8,469 - 7,643) / (7,643) \times 100 = 10.807\% \approx 10.81\%$$

Teneur en humidité obtenue :

TH $\approx$ 10,81%

Conclusion :

La teneur en humidité obtenue (10,81 %) confirme la capacité du bois de hêtre à absorber l'humidité et à réagir aux variations hygrométriques. Ce comportement valide son utilisation comme matériau hygromorphe dans le prototype de façade adaptative.

Essais d'humidification et séchage :

Tableau 3 : détails sur les essais d'humidification et de séchage (source : auteurs)

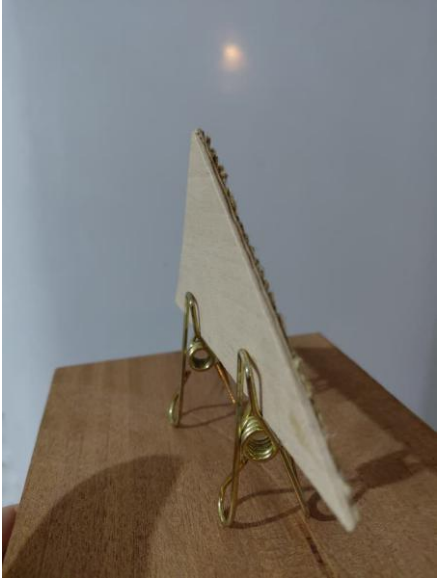
Type	Bois hêtre	Bois hêtre + fibre de jute
------	------------	----------------------------



Figure 7 : photo du résultat des mesures (source : auteurs)



Figure 8 : photo de l'échantillon à l'intérieur de l'étuve (source : auteurs)

Avant humidification		
Après humidification		
Après séchage		

Étapes de réalisation du prototype hygromorphe :

1. Achat du bois hêtre :

Sélection et acquisition du bois de hêtre utilisé comme matériau principal pour la réalisation des prototypes hygromorphes.

2. Découpe des plaques de bois :

Découpe du bois en fines plaques d'une épaisseur de **2 mm** afin d'obtenir une meilleure flexibilité et une réaction hygromorphique plus efficace.

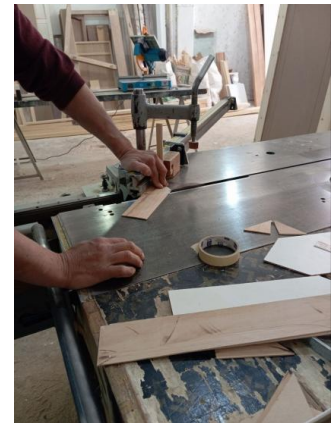


Figure 9 : photo de la découpe des éléments triangulaires (source : auteurs)

3. Découpe des éléments triangulaires :

Découpe de triangles de dimensions $14 \times 10 \times 10$ cm

La découpe a été effectuée de manière à conserver les fibres du bois parallèles à la base du triangle afin d'optimiser la déformation hygromorphique.



Figure 10 : photo de la colle epoxy polyuréthane utilisée (source : auteurs)



Figure 11 : photo du module collé à la fibre de jute (source : auteurs).

4. Application de la fibre de jute :

Collage de la fibre de jute sur deux modèles expérimentaux à l'aide d'une colle époxy bi-composante (A/B) afin d'améliorer la stabilité et le comportement du matériau.

5. Réalisation du support :

Construction d'un support structurel d'une épaisseur de **2 cm** destiné à maintenir les éléments triangulaires du prototype.

6. Assemblage des triangles sur le support :

Fixation des triangles sur le support à l'aide d'une colle avec durcisseur afin d'assurer la stabilité de l'ensemble.

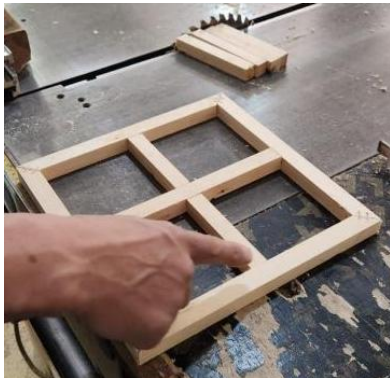


Figure 12 : photo du support des modules hygromorphes (source : auteurs)



Figure 14 : photo de la colle de fixation des modules au support (source : auteurs)

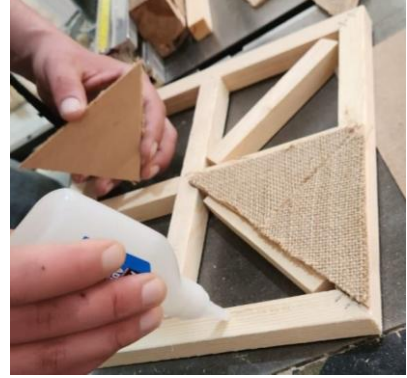


Figure 13 : photo de l'étape de collage (source : auteurs)

7. Application du vernis :

Application d'un vernis protecteur sur deux modèles afin d'évaluer l'impact du traitement de surface sur le comportement hygromorphe et la résistance à l'humidité.

8. Séchage du vernis :

Les modèles vernis ont été laissés au repos pendant une durée déterminée afin d'assurer le séchage complet du revêtement et la stabilisation de la surface avant les essais hygromorphiques.

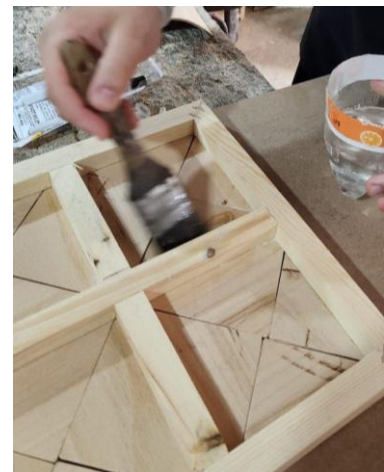


Figure 15 : photo de l'application du vernis (source : auteurs)

Résultat final du prototype hygromorphe :

Le prototype final réalisé démontre la faisabilité d'une façade hygromorphe passive capable de réagir naturellement aux variations d'humidité sans recours à un système mécanique ou électrique.

Il est constitué de quatre modules différents :

- 1 : bois hêtre + fibre de jute
- 2 : bois hêtre + fibre de jute + vernis acrylique
- 3 : bois hêtre
- 4 : bois hêtre + vernis acrylique

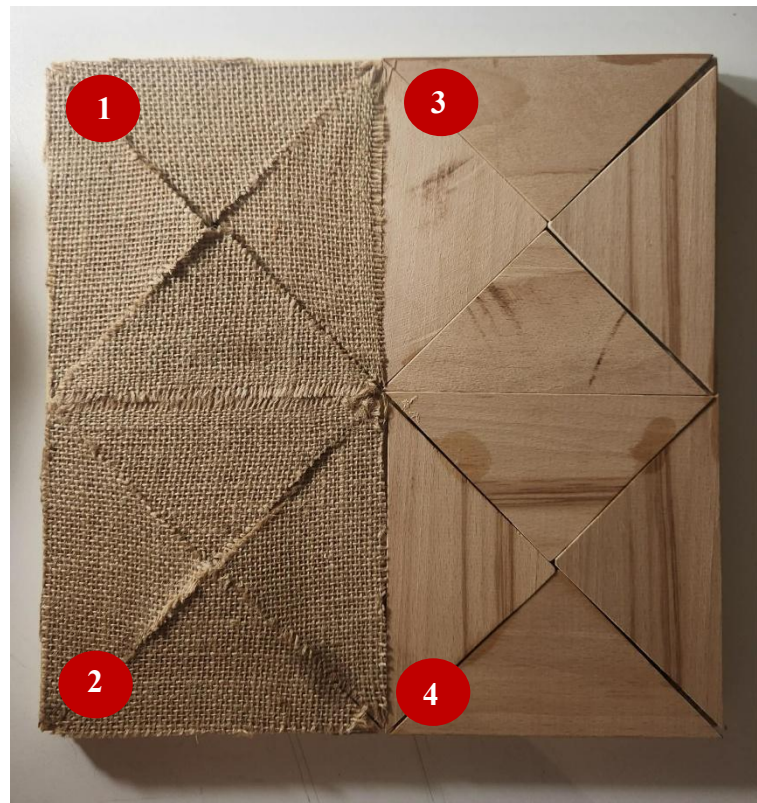


Figure 16 : photo du résultat final du prototype (source : auteurs)

Étude du marché et processus de labélisation :

Dans le cadre du projet innovant, nous avons entamé le processus de labélisation des hygromorphes et la création d'un site internet qui propose nos services :

2.4.1 Le projet "WoodWave" :

WoodWave est un projet de fabrication et de commercialisation de panneaux composites hygromorphes à base de bois pour les façades. L'objectif est de proposer des panneaux actifs capables de s'ouvrir et se fermer selon l'humidité, en utilisant une technologie low-tech, locale et à faible empreinte carbone.



Figure 17 : logo du projet WoodWave (source : auteurs).

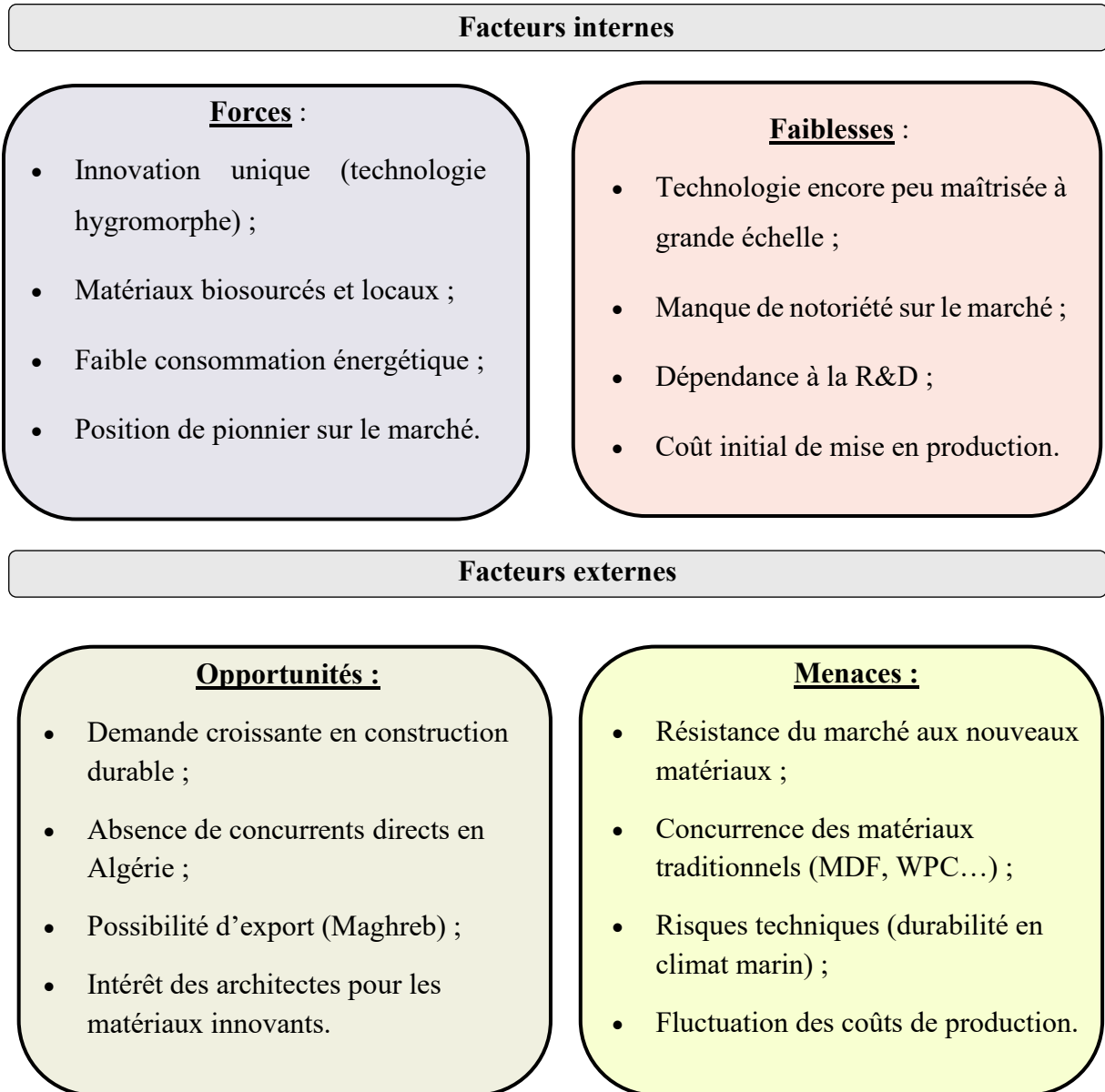
2.4.2 Étude du marché :

Tableau 4 : étude du marché

Nom du projet	WoodWave
Marché cible	Secteur du BTP
Clients visés	Promoteurs, architectes, entreprises de construction
Modèle commercial	Fabrication locale et délais de livraison courts
Proposition de valeur unique	Régulation naturelle de l'humidité, matériaux 100% biosourcés et locaux, certification écologique, meilleure durabilité du bâtiment
Concurrents en Algérie	DJEZIPAN, WOOD BOARD, POLYWOOD
Forces de concurrents	Position établie, réseaux de distribution
Faiblesses des concurrents	Produits traditionnels, peu innovants, importation de matières premières
Avantage compétitif	Technologie hygromorphe unique, matières premières locales disponibles, premier entrant sur ce marché
Objectifs à court terme	Lancer l'unité de production, établir 3 à 5 partenariats avec de grands constructeurs
Objectifs à moyen terme	Exporter vers la Tunisie et le Maroc
Objectifs à long terme	Devenir leader régional, diversifier la gamme, établir des partenariats internationaux
Risques	Difficultés de production à grande échelle, acceptation lente du produit, retard de rentabilité
Gains potentiels	Forte rentabilité à long terme, réduction de l'empreinte carbone, création d'emplois, position de pionnier
Ressources matérielles	Unité de production, lignes automatisées, laboratoire R&D, entrepôts de stockage
Partenaires clés	Fournisseurs locaux, distributeurs spécialisés, ateliers de menuiserie

2.4.3 Analyse SWOT :

Nous avons établi cette analyse pour analyser le positionnement de WoodWave dans le contexte local :



2.4.4 Feedback et contact avec les professionnels :

Un questionnaire a été lancé avec les professionnels du domaine du BTP et investisseurs. Il inclut 18 questions axées sur les hygromorphes et leur potentielle intégration dans le marché algérien.



Figure 18 : code QR d'accès au questionnaire "WoodWave"

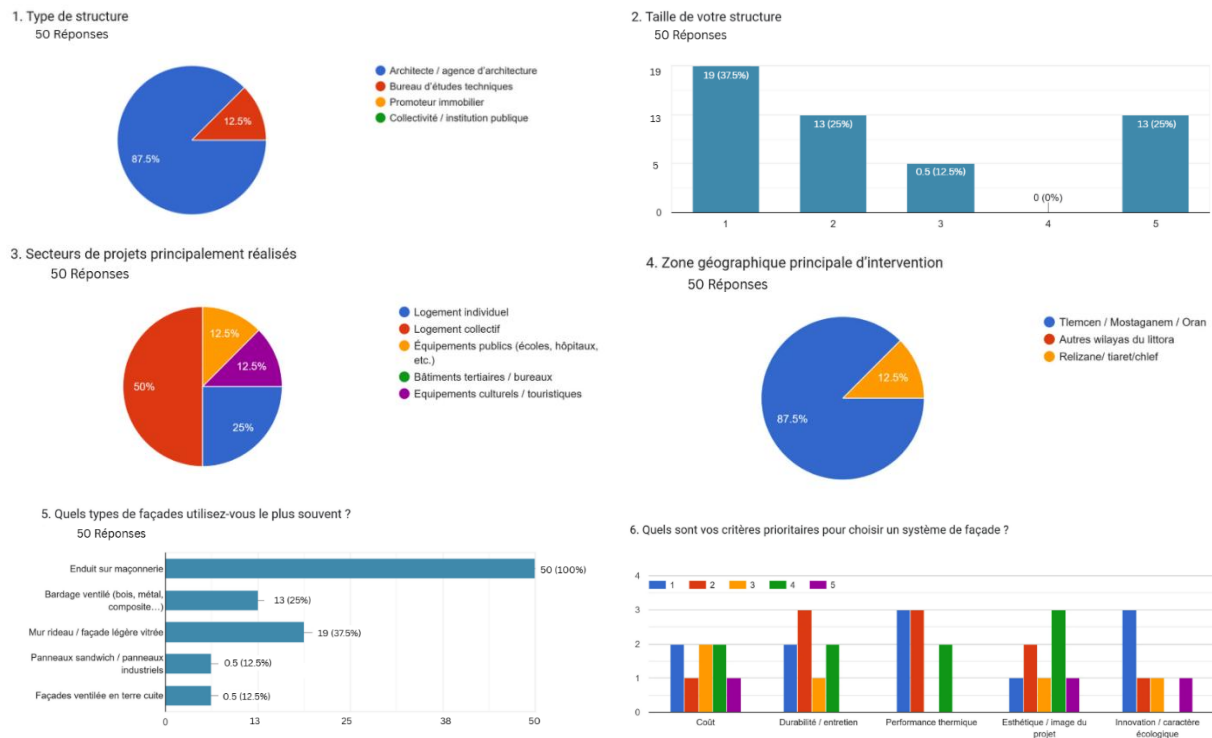


Figure 19 : résultats du questionnaire sur les hygromorphes (source : auteurs).

2.4.5 Création du site web :

- Découvrez WoodWave Studio : Porté par la recherche architecturale et le prototypage d'un Projet de Fin d'Études, WoodWave réinvente l'enveloppe des bâtiments à travers l'hygromorphie.
- Notre site web met en avant un système de façade dynamique en bois, 100 % passif, qui s'anime et s'adapte de manière autonome aux variations climatiques et à l'humidité de l'air — sans moteurs, sans capteurs et sans électricité.
- Notre mission ? Devenir la passerelle industrielle indispensable entre les architectes visionnaires et les fabricants experts pour intégrer ces technologies biosourcées et durables directement sur les chantiers de demain.
- Visitez la plateforme : <https://wood-wave.netlify.app/>



Figure 20 : capture d'écran de l'interface extraite du site web

Le site web est organisé en trois volets :

- Le volet “Accueil” présente les avantages du matériau en lui-même et du service proposé notamment ;

- Le volet “Le matériau” présente en détails la source d’inspiration du prototype, son fonctionnement et quelques détails de fixation du matériau en façade ;
- Le volet “Services” qui propose un processus en trois étapes avec intégration de questionnaire pour connaître les besoins du client et l’évolution du marché.



Figure 21 : capture d’écran sur les étapes assurées par l’équipe « WoodWave »

Enfin, une option de mise en contact avec “WoodWave” est intégrée avec notamment une adresse électronique, un numéro de téléphone et différents profils sur les réseaux sociaux.

Intégration en façade :

- **1ère couche** : Les panneaux du matériau sont constitués d’une succession de modules carrés de 14 cm coupés en triangles, capables de s’ouvrir/se fermer en fonction des variations d’humidité.
- **2ème couche** : les modules hygromorphes sont fixés sur une trame en bois à l’aide d’un système de boulonnage.
- **3ème couche** : l’ensemble des couches suivantes se fixe sur le mur rideau qui intègre des profilés en “U” qui agissent comme des rails fixées sur les meneaux du mur. Les panneaux hygromorphes sont glissés sur les rails en aluminium.

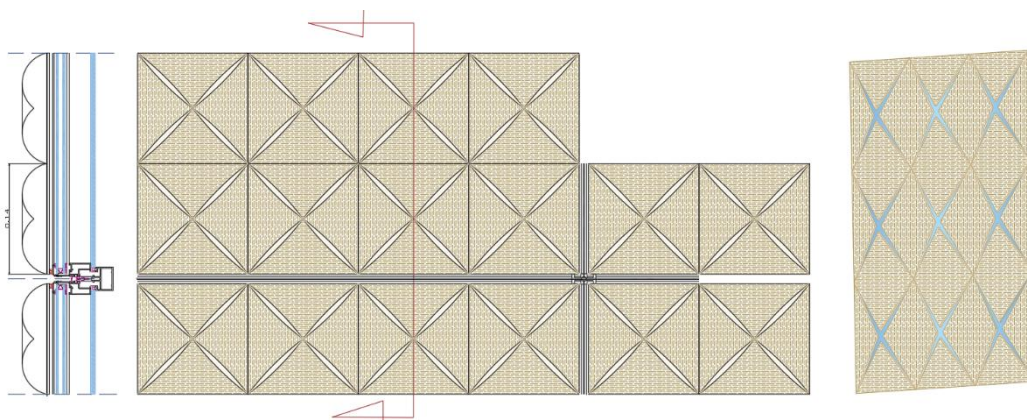


Figure 22 : détail de fixation des hygromorphes sur la façade (source : auteurs).

Conclusion :

En conclusion, ce chapitre a établi les fondements théoriques et validé la faisabilité technique des matériaux hygromorphes pour une architecture adaptative « sans moteurs ».

Les résultats expérimentaux sur le bois de hêtre valident son comportement hygromorphe et montrent que la fibre de jute et le vernis acrylique influencent positivement la stabilité et la répétabilité des mouvements. Le prototype final démontre la faisabilité d'une façade passive capable de s'ouvrir/se fermer selon l'humidité ambiante.

Enfin, l'analyse de marché et le projet WoodWave situent cette technologie comme un avantage compétitif majeur en Algérie : matériaux biosourcés locaux, première entrée sur un marché sans concurrents directs, et opportunité d'export au Maghreb. Les défis restants (maîtrise de la production à grande échelle, durabilité en climat marin, acceptation du marché) devront être adressés par l'optimisation des traitements, la modélisation prédictive et l'intégration constructive à l'échelle urbaine. L'hygromorphie ouvre ainsi une voie prometteuse pour une architecture résiliente, économe en énergie et adaptée aux variations climatiques naturelles.

Chapitre 3 : Approche Analytique

Introduction :

Ce chapitre est dédié à l'analyse globale du quartier de Salamandre, secteur littoral stratégique et interface de la ville de Mostaganem en Méditerranée. Afin de fonder notre projet de requalification, notre démarche s'articule autour de quatre axes :

- L'analyse à multicritères de Mostaganem et du secteur de Salamandre ;
- L'analyse de références internationales et locales des opérations de requalification (notamment des opérations d'intégration technologique) ;
- Le diagnostic prospectif de la zone et l'établissement des stratégies d'intervention selon plusieurs critères ;
- L'intervention urbaine sous forme de Master Plan et d'une façade urbaine de Salamandre améliorée.

Cette lecture permet de transposer les contraintes physiques de ce front de mer en leviers de projet pour concevoir une façade maritime durable et adaptée à son écosystème.

Motivation du choix du site :

Mostaganem, ville littorale, proche de la métropole oranaise, présente aujourd'hui un véritable potentiel de développement dans divers secteurs. Et cela est dû à plusieurs caractéristiques spécifiques à la ville, on cite :

Un cordon littoral fragile à cause de la formation des sables mobiles, mais qui est néanmoins favorable à une activité touristique. Le littoral de la wilaya s'étend sur environ 124,4 km représentant ainsi plus de 33% du littoral de la région Nord-Ouest. Il couvre une superficie de 20 112 hectares, en grande partie boisée. C'est cette particularité qui confère à la wilaya de Mostaganem un avantage écologique certain par rapport aux autres wilayas. Le littoral est composé de plages et de falaises rocheuses, cela a incité les autorités à y identifier une quinzaine de zones d'expansion touristiques (ZET).

Les monts du Dahra qui présentent un relief de petits massifs et qui malgré ses facteurs défavorables (substrat tendre, sols pauvres, pentes fortes, fragilité à l'érosion, une couverture végétale dégradée...) présentent néanmoins des ressources à mettre en valeur particulièrement l'agriculture de Montagne et le reboisement des massifs.

Le plateau de Mostaganem qui est entrain de retrouver sa vocation initiale (vignoble) pour lutter contre l'érosion éolienne tout en diversifiant les spéculations agricoles (maraîchage et arboriculture).

La vallée du Chélif avec son tracé sinueux offre de larges terrasses où l'irrigation est en plein essor.

Les plaines de l'Est et de l'Ouest présentent un relief relativement plat et des pentes faibles. Elles présentent des sols riches, avec des ressources en eau souterraines appréciables, même si elles connaissent aujourd'hui une utilisation irrationnelle. Le développement de la petite irrigation est en plein essor. Elle dynamise l'élevage intensif et une industrie agroalimentaire. Les ressources hydriques locales et les différentes nappes existantes contribuent à cet essor et permettent d'assurer l'alimentation en eau potable. (DUAC, 2023)

Elle peut prétendre, à ce titre, à jouer un rôle méditerranéen complémentaire à celui d'Oran. Cette ancienne ville, aidée par la dynamique urbaine a toujours été ancrée dans l'armature urbaine de la région Nord-Ouest du pays, voyant sa population augmenter régulièrement pour devenir la deuxième ville la plus peuplée du Nord-Ouest algérien (devant Oran).

Ces dernières années la ville de Mostaganem a connu une forte attractivité touristique locale et l'une des destinations clés : c'est le quartier de Salamandre (ancien village de pêcheurs à la période coloniale devenu une ZHUN puis un quartier animé en saison estivale). Cette attractivité a créé par la suite un écart entre les besoins des habitants locaux et les touristes qui sont à la fois locataires et bénéficiaires du front de mer aménagé (Juin 2024).

Présentation du cas de Mostaganem :

2.3.1 Situation géographique :

Mostaganem est une ville portuaire de la Méditerranée, elle est située au nord-ouest de l'Algérie, à 80 km à l'est d'Oran et à 363 km à l'ouest d'Alger. Elle est l'une des plus importantes villes de l'Ouest algérien et du littoral algérien. Considérée en Algérie comme la « capitale du Dahra », l'agglomération de Mostaganem s'étend de la commune du même nom sur les communes de Mazagran et de Sayada et comprend une population de 162 885 habitants en 2008. Elle est délimitée :

Au Nord, par la Méditerranée ;

À l'Ouest, par la wilaya d'Oran ;

À l'Est, par la wilaya de Chlef ;

Au Sud, par les wilayas de Mascara et Relizane.



Figure 23 : Localisation géographique de Mostaganem par rapport à l'Algérie. (Source : wikipedia)

2.3.2 Accessibilité de la ville :

L'accessibilité constitue un enjeu majeur pour le développement urbain de Mostaganem. Située entre reliefs et littoral, la ville présente une organisation contrastée où les liaisons entre les quartiers hauts et la zone côtière restent limitées. Cette configuration influence la mobilité, la circulation et l'intégration des espaces urbains, notamment dans le secteur de Salamandre.

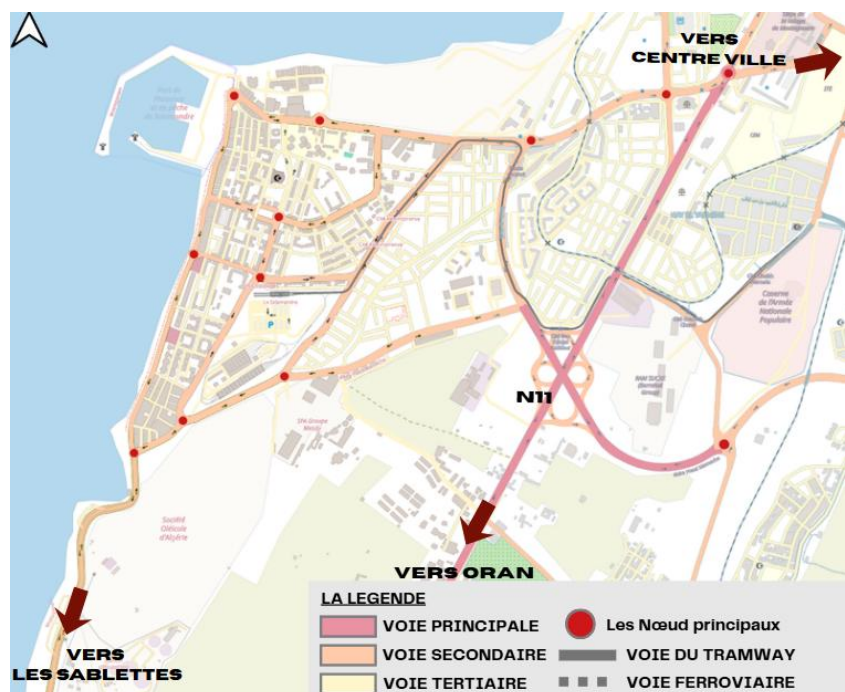


Figure 24 : Une carte d'accessibilité du quartier de Salamandre (Source : google earth pro).

2.3.3 Accessibilité au quartier :

Le quartier de Salamandre bénéficie d'une accessibilité structurée par un axe principal nord-sud qui est complété par un réseau de voies secondaires et tertiaires formant une maille relativement fine, assurant la desserte interne du quartier. L'organisation des nœuds de circulation surtout en bordure du front de mer donne au secteur un rôle de porte d'entrée urbaine et touristique, mais génère également des points de concentration de flux qui nécessitent un aménagement adapté. Ainsi, Salamandre apparaît comme une liaison urbaine entre la ville et le littoral, offrant un fort potentiel pour l'implantation d'équipements structurants ouverts sur le front de mer.

2.3.4 Analyse du climat :

Mostaganem possède un climat méditerranéen tempéré, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. L'influence maritime régule les températures et apporte une humidité importante, facteur clé pour les façades adaptatives et les matériaux hygromorphes.

Tableau 5 : Tableau des différentes conditions climatiques observées à Mostaganem (Source : rapport PDAU de groupement des communes : Mostaganem, Mazagran et Sayada ; 2023)

Pluie	Les mois secs correspondent à juillet et août et les mois humides sont décembre et janvier
	Il pleut en moyenne 66 jours par an, avec un maximum en février (09 jours) et un minimum en juillet (01 jour) et août (02 jours)
Insolation	L'insolation maximale a été observée au mois de juillet (313,1 h au total par mois soit 10 h en moyenne/j) et le minimum d'ensoleillement en décembre (157,8 h/mois soit 6 h/j en moyenne).
Humidité	Les variations de l'hygrométrie moyennes mensuelles montrent que l'humidité relative (HR) moyenne passe par un maximum au mois de janvier (78 %), elle est plus élevée pendant la saison froide.
Gel	Les jours de gel sont relevés du mois de décembre au mois de mars (gelée hivernale). Le maximum d'apparition de ce phénomène est en janvier (environ 04 jours).
Sirocco	Il provient du sud et présente une fréquence de l'ordre de 8 j/an à Mostaganem et de 18 jours/an à cap Ivi. Les jours de Sirocco sont relevés au printemps et en été.
Vent	Il est remarqué que les vents dominants à 7 heures sont ceux de l'Est. Ces derniers changent de cap vers le Nord-Est à 13 h et 18 h.
Brouillard	Ce phénomène est observé durant toute l'année (1 à 2 jours de brouillard par mois).

2.3.5 Aperçu historique de la ville :

2.3.5.1 Antiquité :

Mostaganem existe sur les ruines d'un site initial en bordure de Oued Ain Sefra, à 104 m d'altitude. Elle tire son nom du port punique de "Murustaga" puis devient "Cartenna" sous l'occupation romain de Gallien (260–268). Ces sites sont submergés par des tremblements de

terre au III^e siècle, à l'exception du port phénicien et de la ville de « Kiza » (Sidi Belattar, 26 km à l'est de la ville). (PDAU Mostaganem, 2021)

2.3.5.2 Période médiévale (islamique) :

La ville servait de foyer pour les tribus berbères Zénètes de Maghroua. Elle garde sa structure urbaine organisée ae l'Oued Ain Sefra, même si elle aperçoit le passage de plusieurs dynasties. Les almoravides construisent une citadelle appelée “Borj El M’hal” en 1082 sous Youcef Ibn Tachfin. Les zianides passent aussi par la ville puis les mérinides à qui on doit “La Grande Mosquée Al-Merini” (1340) par Abou El Hassène.

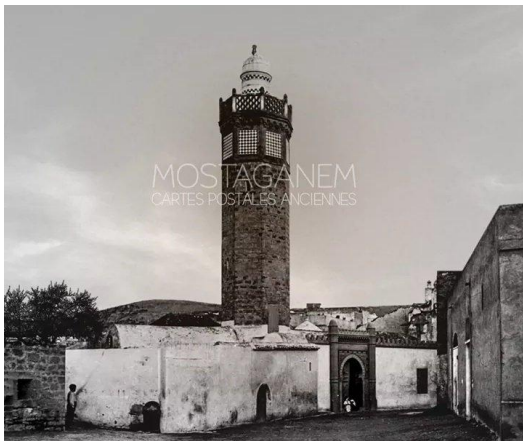


Figure 25 : La Grande Mosquée Al-Merini (1340) : mosquée Tobana. (Source : Wikipédia)



Figure 26 : Borj El M’hal transformé en prison civile pendant la colonisation française. (Source : Wikipédia)

Mostaganem fut une ville du savoir nommé “cité des 44 marabouts”, connue par des activités telles que l’agriculture, le tissage et le commerce méditerranéen.

2.3.5.3 Période ottomane :

Les ottomans protègent Mostaganem contre les Espagnols au XVI^e siècle. En 1558, Khayr ad’Din Barberousse apporte victoire à la ville dans la bataille de Mazagran (pas loin du centre). Pour des fins sécuritaires on y construit de nouvelles fortifications. À l’arrivée des réfugiés andalous Mostaganem connaît un développement artisanal, culturel et économique. Sa population atteint les 10 000 habitants (plus importante qu’Oran avant 1792). (Marçais G., 1954)



Figure 27 : Tableau de peinture qui illustre la bataille de Mazagran. (Source : Wikipédia)

La structure urbaine fut consolidée autour les deux rives :

- La rive gauche (El Balad) : abrite le cœur historique et le centre du pouvoir ainsi que les sous-quartiers de Tobbana et Derb ou y trouve des institutions religieuses et administratives.
- La rive droite (Tijdit) : abrite le quartier andalou (depuis le XVIIIe s.) et les sous-quartiers de El Matmore (fortifications, silos) et Tijdit (habitat, marabouts)

2.3.5.4 Période coloniale :

L'implantation coloniale fut proche du noyau initial avec un développement urbain en plan radioconcentrique autour du port et de l'oued. Entre 1833 et 1850, durant la période militaire, la ville se dote d'une première structuration moderne avec l'alignement des rues, la création de places et l'organisation des carrefours. Au cours de cette phase, on construit les principaux édifices publics, dont



Figure 28 : Tableau de peinture représentant la ville durant la période coloniale : à droite le quartier Tijdit, au centre Tobanna et à gauche, le quartier colonial. (Source : Wikipédia)

l'hôpital militaire, la place d'Armes et l'église. Aujourd'hui Benaid Bendehiba, le boulevard principal devient alors l'axe structurant de cette nouvelle centralité. Dans le même temps, la construction de nouveaux quartiers s'accélère : la Marine, la Pépinière, Beymouth et Saint Jules, et l'étalement urbain progresse vers l'est avec Monplaisir et vers le nord-ouest avec Salamandre, future station balnéaire rattachée à l'agglomération.

À partir de 1954, la question sociale devient plus prégnante avec la construction de logements pour la population indigène, appelés « maisons du capitaine ». A l'échelle nationale le Plan de Constantine lance de vastes programmes d'habitat pour répondre à la crise du logement. Le réseau de ces interventions présente une croissance radioconcentrique organisée autour des grands axes reliant la ville à Oran, à Relizane et à Ténès. (Yamani L., Brahimi K., 2009)

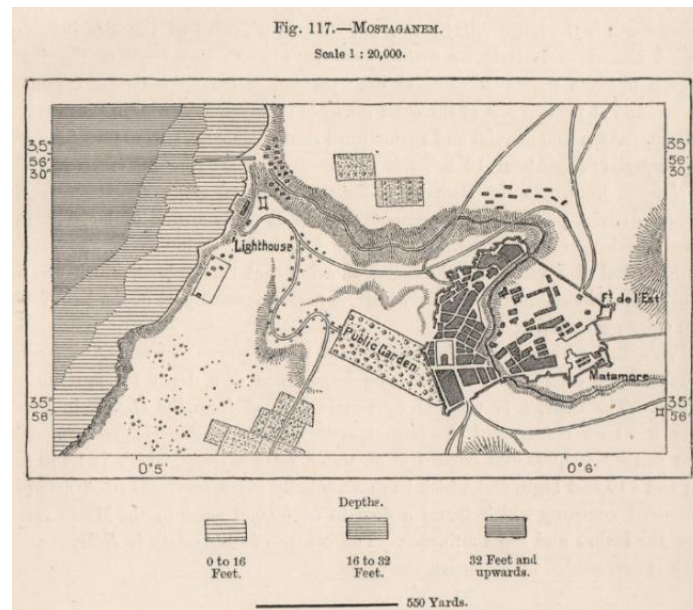


Figure 29 : Carte de Mostaganem en 1885 (Source : Wikipédia)

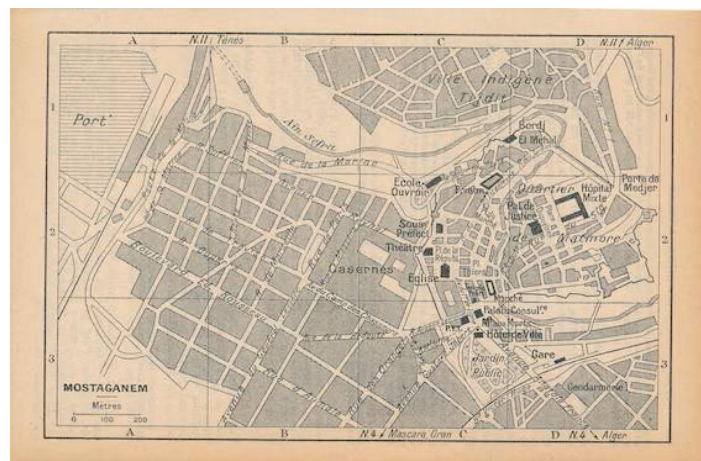


Figure 30 : Carte de Mostaganem en 1893. (Source : Wikipédia)



Figure 31 : Schéma de la ville en 1962 (les extensions se sont faites post-indépendance) (traitée par les auteurs)

2.3.5.5 Période post-coloniale :

Au lendemain de l'indépendance et pendant les années 1960 et 1970 la ville connaît une finalisation des projets hérités de la période coloniale (équipements et logements). Dans les années 1980, la mise en œuvre du Plan d'urbanisme directeur (PUD) oriente clairement l'extension vers les zones périphériques et pousse vers un étalement urbain. La décennie 1990 voit ensuite la popularisation de l'autoconstruction et des lotissements, ce qui se traduit par une forte croissance de l'espace bâti, estimée à environ 169% entre 1977 et 2000.

Cette dynamique induit une nouvelle organisation urbaine de type linéaire, structurée par de grands axes qui polarisent des pôles spécialisés : au sud-ouest, Salamandre concentre des équipements administratifs et résidentiels ; au sud, Mazagran accueille des coopératives et des ensembles de logements collectifs ; au nord-est, Kharouba se développe autour de l'université, du nouvel hôpital et de quartiers d'habitat social ; sur le littoral, Sidi El Medjdoub connaît une densification résidentielle progressive. Cependant, cette extension rapide provoque un ensemble de problèmes actuels : des ruptures urbaines entre les divers secteurs, une perte de cohérence paysagère et de points de repère spatiaux, ainsi qu'un urbanisme industriel uniformisé qui aboutit à une qualité architecturale souvent médiocre.

Délimitation du quartier de Salamandre :

Le quartier de Salamandre se situe au sud-ouest du centre ville de Mostaganem, en bordure du littoral méditerranéen. Il s'étend le long de la façade maritime, entre la plage des sablettes et la falaise de Kharouba, et remonte légèrement vers les hauteurs résidentielles. Cette position stratégique lui confère une relation directe avec la mer tout en restant proche du centre urbain. La zone se caractérise

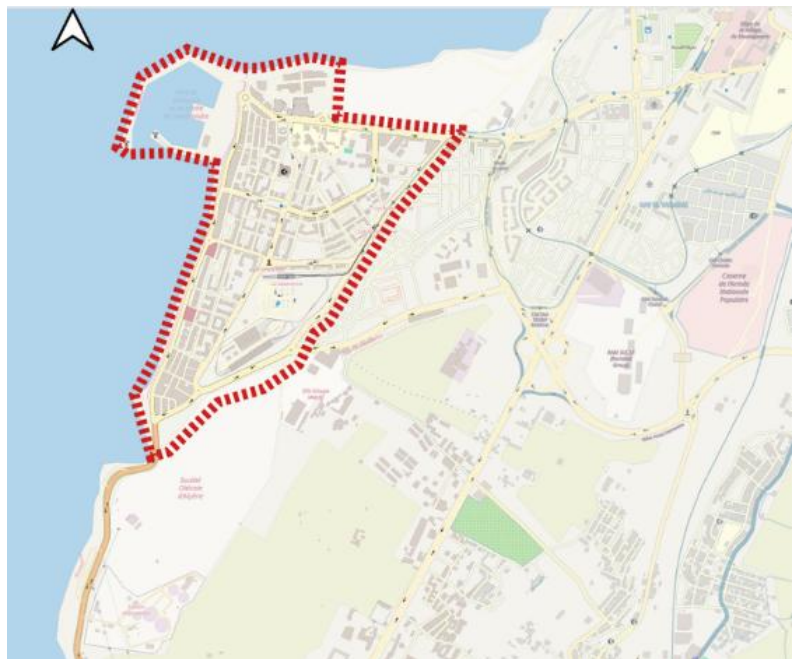


Figure 32 : Schéma de délimitation du périmètre d'étude (Source : PDAU, 2023).

par une mixité fonctionnelle (résidentielle, touristique et administrative) et par une topographie douce, marquée par une légère pente vers le littoral.

Approche historique :

La Salamandre fut appelée « La Punta » par les marins. Son nom actuel fut donné à partir du bateau-vapeur échoué au large au XIX^e siècle.

2.5.1 La régence d'Alger :

La commune et petite ville (rattachée au centre) de Mazagran sert de site militaire et stratégique qui inclut Salamandre. La résistance de la ville contre les Espagnols commence en 1543, et se termine en 1558 par la bataille de Mazagran.

2.5.2 Période coloniale :

Le quartier n'existe que depuis la période coloniale a priori. Il naît comme un hameau de pêche lié à la ville en 1853, mais se transforme en station balnéaire vers le début du XX^e siècle.

2.5.3 Période post-coloniale :

2.5.3.1 Transition et extensions (1962–2000) :

Après le départ des européens, le quartier fut réoccupé par des familles algériennes. Vers les années 1960 et 1970, le tissu colonial est maintenu mais avec le début d'extension vers l'intérieur

À partir de 1973 (loi sur les réserves foncières) le quartier connaît des lotissements, des initiatives

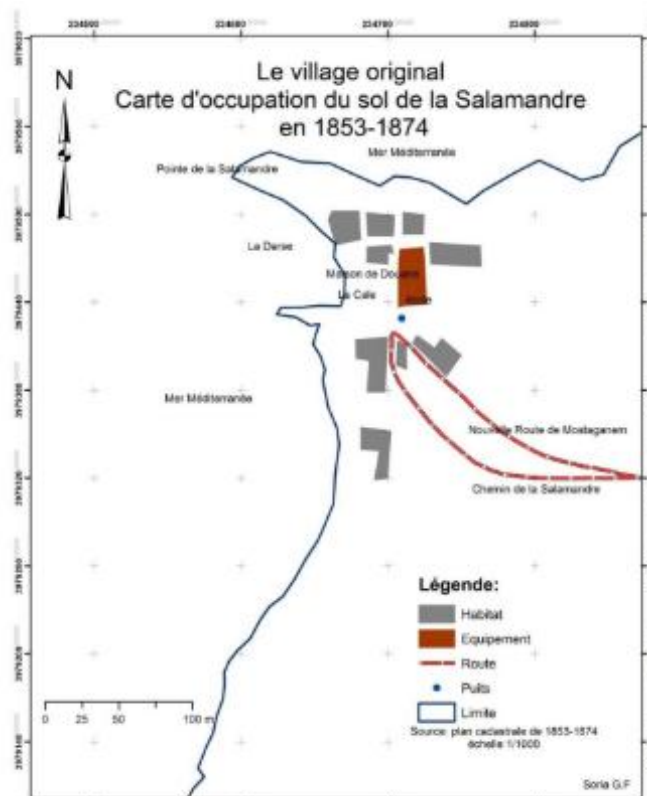


Figure 33 : Carte d'occupation du sol de la Salamandre en 1853-1874 (Source : Soria G.F)

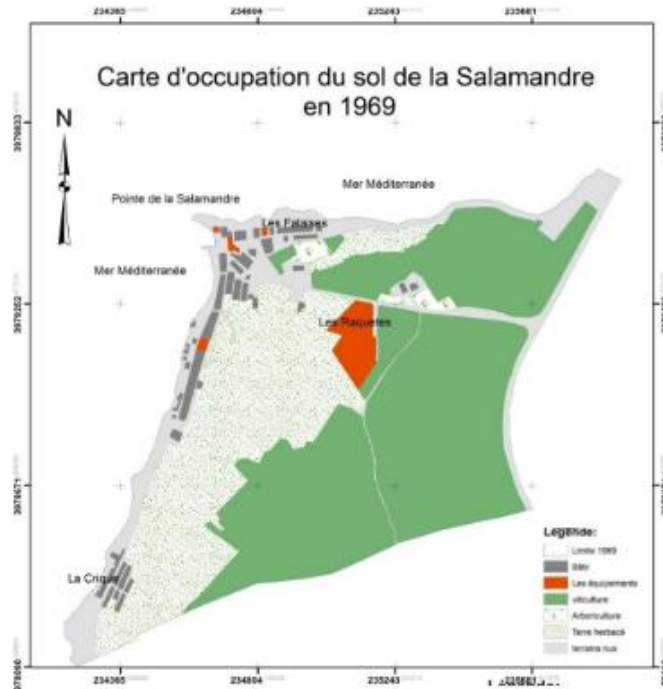


Figure 34 : Carte d'occupation du sol de la Salamandre en 1969 (Source : Soria G.F)

d'autoconstruction et une urbanisation plus rapide vers le sud et l'est avec une perte progressive du caractère purement balnéaire.

2.5.3.2 Urbanisation intense et nouveaux rôles (2000–20) :

Cette période est marquée par une forte croissance démographique et spatiale et la multiplication des équipements. Salamandre devient un quartier structurant

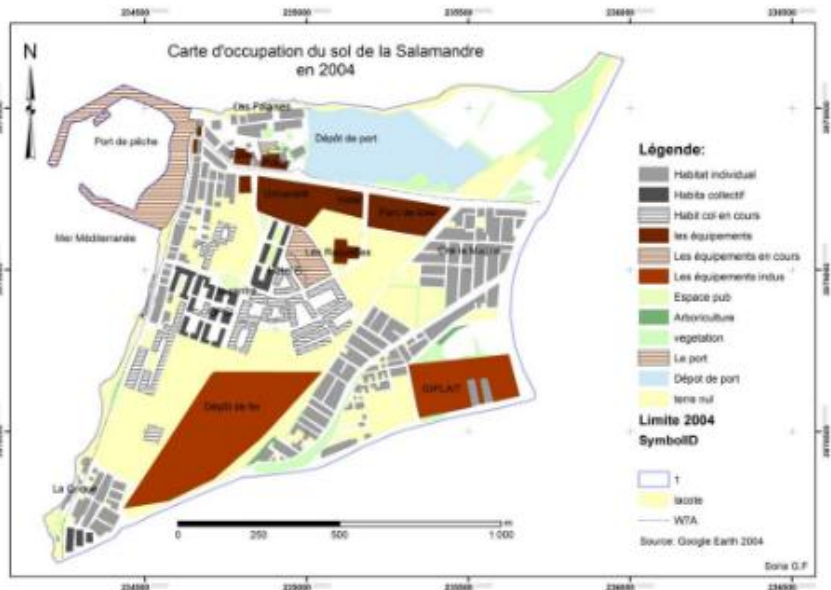


Figure 35 : Carte d'occupation du sol de la Salamandre en 2004 (Source : Soria G.F).

Mostaganem :

achèvement du port de pêche, arrivée de la ligne de tramway et aménagement du front de mer et des falaises (régénération urbaine mais question sur la place laissée à l'ancienne fonction touristique). (Fellah S., 2020)

Approche fonctionnelle :

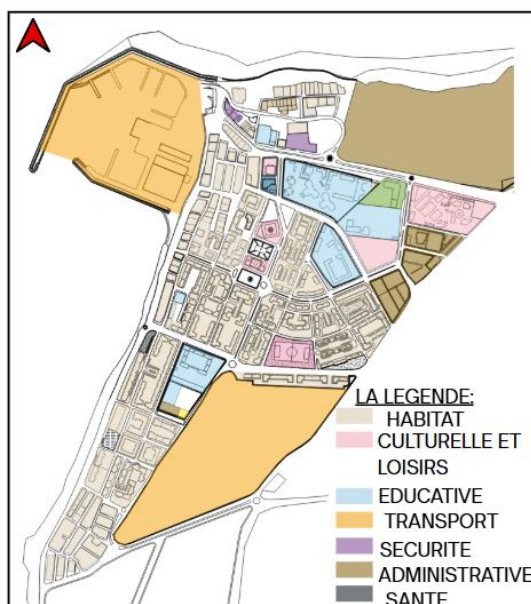


Figure 36 : Carte fonctionnelle qualitative (Source : PDAU, 2023).



Figure 37 : Carte fonctionnelle quantitative (Source : PDAU, 2023).

L'approche démontre que le tissu présente une bonne base d'équipements mais une structure encore très résidentielle (avec des poches mono-fonctionnelles :habitat). La zone est institutionnellement maitrisé, et présente donc une dominance du caractere public. Malgré cette



Figure 38 : : Carte de la typologie d'habitat (Source : PDAU, 2023).

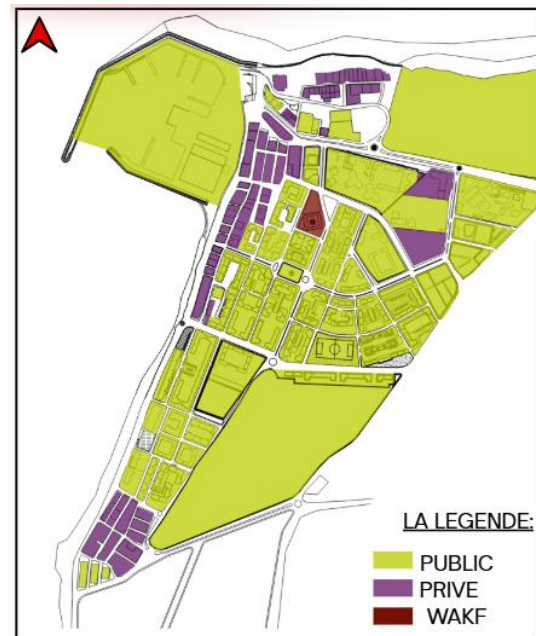


Figure 39 : Carte de la nature juridique (Source : PDAU, 2023).

dominance, la hiérarchie urbaine est claire : un centre collectif dense et structuré, entouré de franges résidentielles individuelles.

Approche structurelle :

Le tissu présente un réseau viaire bien maillé avec une hiérarchie claire des voies qui organise efficacement les flux, mais rend le quartier dépendant de quelques axes structurants.

Le périmètre d'étude dispose d'une variation de gabarits qui crée une discontinuité visuelle, s'ajoute à cela la dominance des trames irrégulières causées par le développement non planifié de la zone.

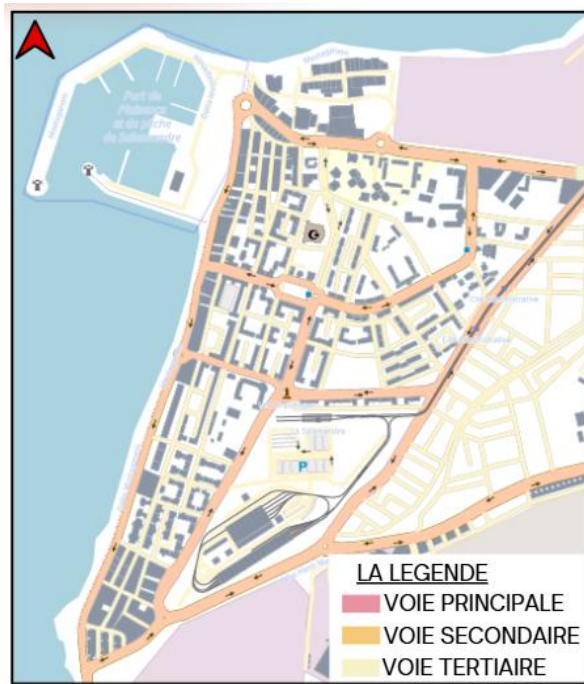


Figure 43 : Carte du réseau viaire (Source : PDAU, 2023)



Figure 42 : Carte des flux routiers (Source : PDAU, 2023).

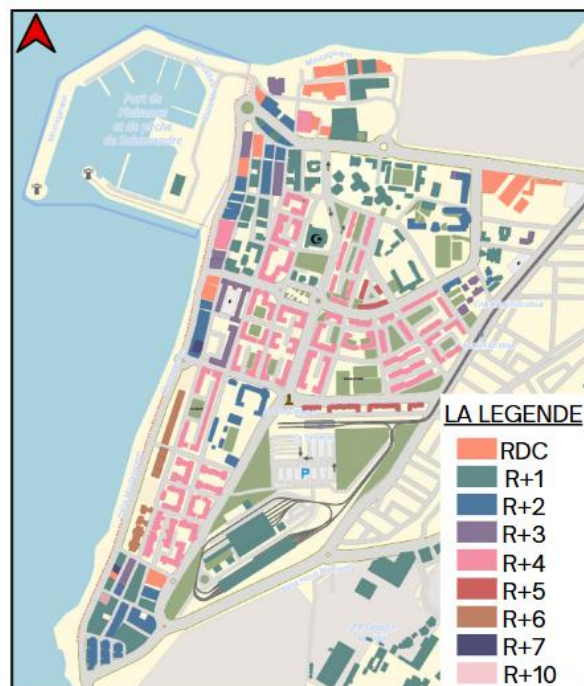


Figure 41 : Carte des gabarits (Source : PDAU, 2023).



Figure 40 : Carte de la trame urbaine (Source : PDAU, 2023).

Approche socio-économique :

Une diversité sociale et économique, due aux différents équipements et les commerces (habitat intégré) qui animent toute la zone surtout en saison estivale.

Les différents aménagements urbains jouent eux aussi un rôle socio-économique important (présence de kiosques et de lieux de détente sur le long du front de mer).

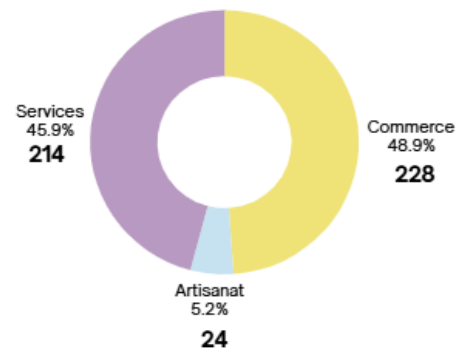


Figure 44 : Diagramme du pourcentage des activités économiques dans Salamandre (Source : Fellah S., traité par l'auteur).

Approche paysagère :

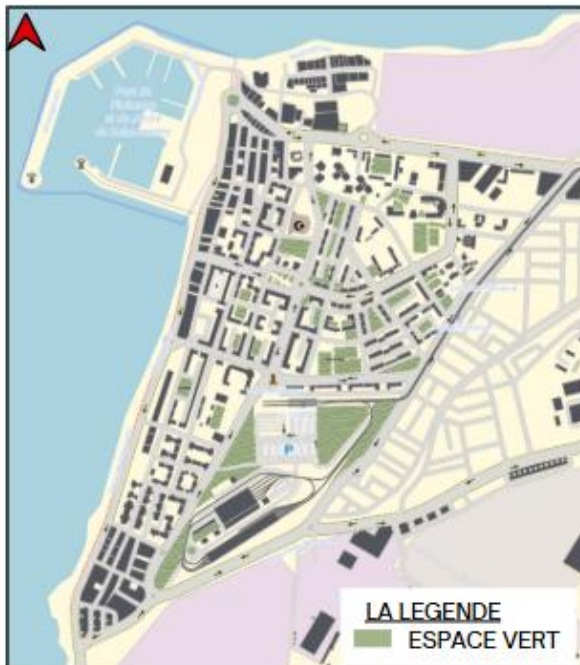


Figure 46 : Carte verte (Source : PDAU, 2023).



Figure 45 : Carte du plein et du vide (Source : PDAU, 2023).

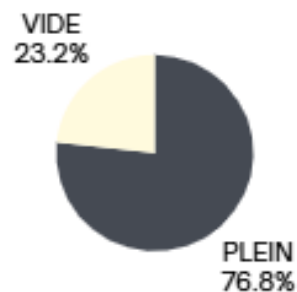


Figure 47 : Diagramme du pourcentage du plein et du vide (Source : auteurs).

L'approche démontre un manque d'aménagements paysagers ; à l'exception de petits espaces résiduels et du front de mer. Le bâti prédomine le tissu, cela résulte en une faible ouverture sur le front de mer, malgré la faible déclivité du terrain (littoral à l'exception de zones exposées à l'érosion : rivage et zone haute du terminus tram).

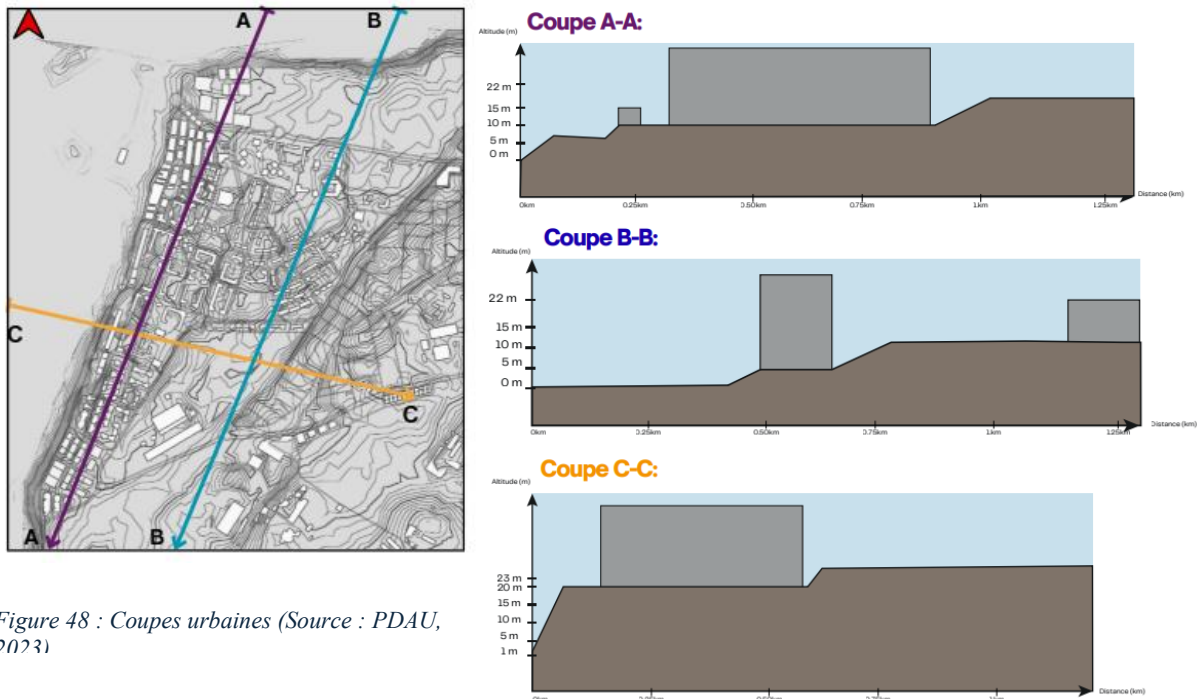
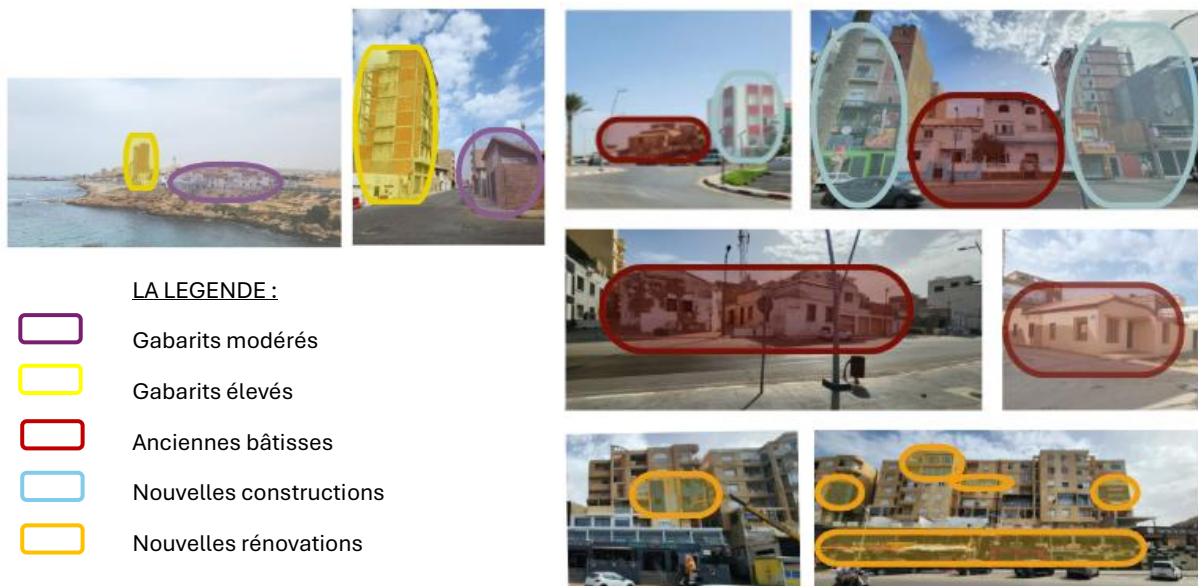


Figure 48 : Coupes urbaines (Source : PDAU, 2023)

Analyse séquentielle :



L'analyse séquentielle de Salamandre et notamment de son front de mer démontre

Figure 49 : analyse séquentielle qui démontre l'hétérogénéité du tissu (photos prises par les auteurs).

une forte hétérogénéité qu'on peut classer dans deux catégories :

- Une hétérogénéité de gabarits :

Entre anciennes bâtisses et nouvelles constructions qui ne respectent pas cette valeur historique. Mais aussi entre les maisons individuelles et les logements collectifs de gabarits différents.

- Une hétérogénéité de style :

Résultat des initiatives privées d'améliorer chacun sa façade, qui est initialement de l'ordre du public.

Analyse SWOT :

Pour donner suite aux approches précédentes, on peut conclure que Salamandre comme périmètre d'étude présente les caractéristiques suivantes :

Forces :

Le climat et la position littorale offrent un fort potentiel pour l'utilisation des matériaux hygromorphes ;

Le site possède un patrimoine architectural intéressant et des espaces à

Opportunités :

Positionnement potentiel de Mostaganem comme modèle de transition écologique ;

Une amélioration du confort thermique et protection des bâtiments contre l'humidité ;

Une possibilité d'introduire des solutions durables afin d'améliorer le front de mer.

Faiblesses :

Un manque de végétation, d'espaces publics et de cohérence urbaine ;

Un tissu urbain hétérogène, rupture d'échelle, discontinuités visuelles ;

Une faible maîtrise locale des technologies intelligentes ;

Contraintes économiques et techniques pour l'intégration des matériaux innovants.

Menaces :

L'urbanisation anarchique sur le littoral, cout élevé des innovations ;

Les risques environnementaux : érosion, humidité et salinité. ;

Une mauvaise maintenance des équipements urbains ;

L'impact des changements climatiques.

Diagnostic urbain :

2.12.1 Sur le plan urbain et fonctionnel :

L'analyse du quartier révèle un territoire en tension, marqué par un déséquilibre entre son attractivité littorale et sa configuration urbaine actuelle. Plusieurs problématiques se posent alors :

- Une congestion automobile : Surtout sur le long du front de. Cette congestion s'empire par le manque d'espaces de stationnement, créant des points de friction récurrents.
- Des gisements fonciers inexploités : qui constituent une rupture dans la continuité urbaine de la facade maritime.



Figure 50 : Carte du diagnostic sur le plan urbain et fonctionnel (source : PDAU, 2023).

2.12.2 Sur le plan architectural et patrimonial :

L'étude de la qualité architecturale du quartier met en évidence les problématiques suivantes :

- Hétérogénéité des gabarits qui révèle une absence de continuité morphologique, et ruptures d'échelle qui apparaissent entre les tissus anciens (bas) et les nouvelles constructions (hautes). Ces contrastes altèrent la lecture du paysage et créent des phénomènes d'ombrage.
- L'absence de cohérence architecturale se manifeste par une juxtaposition de styles et de langages architecturaux qui empêchent d'identifier une identité propre au quartier.
- Inadéquation matérielle au climat marin : Ce constat met en lumière la nécessité



Figure 51 : Carte du diagnostic sur le plan architectural et patrimonial (source : PDAU, 2023).

d'intégrer, dans le processus de rénovation, des solutions techniques adaptées à la proximité côtière.

2.12.3 Sur le plan social et économique :

Le diagnostic socio-économique du quartier met en évidence une carence en structures d'accompagnement. Cette situation comporte deux aspects majeurs :

- Un manque d'espaces de jeux et de rencontre : Ce vide spatial contraint les habitants à occuper de manière informelle les trottoirs ou les abords de routes, ce qui pose des problèmes de sécurité et de confort urbain.
- Un sous-équipement touristique : Malgré sa position stratégique en bordure de la mer, le potentiel d'attractivité n'est pas pleinement exploité, limitant le rayonnement économique de la zone à une simple zone de passage plutôt qu'à une véritable destination.

2.12.4 Sur le plan environnemental et paysager :

L'analyse paysagère révèle des dégradations préoccupantes qui nuisent à l'image du quartier et à la santé de son écosystème littoral :

- Une carence en biodiversité et îlots de chaleur : Le tissu urbain souffre d'un manque en espaces verts, ce qui accentue l'imperméabilisation des sols et favorise la formation d'îlots de chaleur urbains. Le déficit en biodiversité réduit la qualité paysagère et le confort thermique des habitants.
- La problématique de la gestion des déchets : Caractérisée par des points noirs environnementaux constituant des foyers de

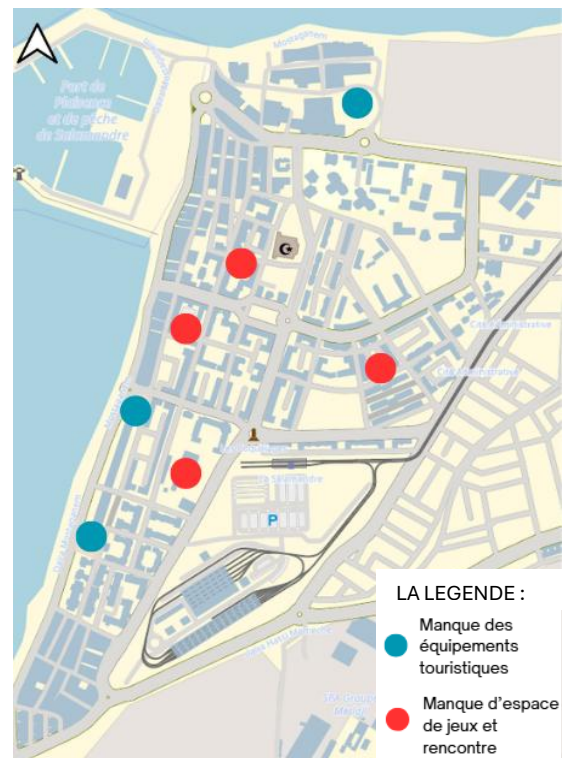


Figure 52 : Carte du diagnostic sur le plan social et économique (source : PDAU, 2023).

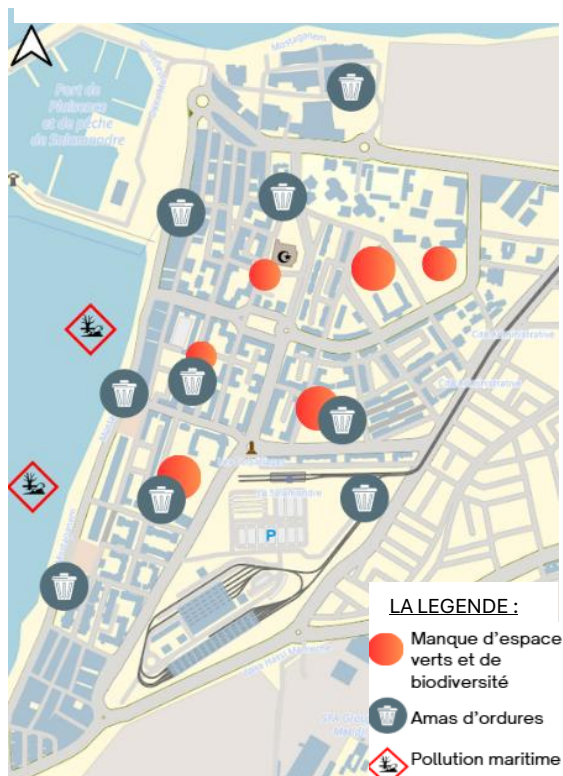


Figure 53 : Carte du diagnostic sur le plan environnemental et paysager (source : PDAU, 2023).

nuisances visuelles et olfactives, tout en présentant des risques sanitaires pour la population locale.

- Pollution maritime et vulnérabilité du littoral : Cette dégradation de l'eau et des rivages, probablement liée aux rejets urbains ou aux activités portuaires, menace directement l'équilibre écologique marin et compromet l'attractivité touristique du site.

Analyse d'exemples de stratégies d'intervention :

Pour nourrir la réflexion sur la requalification de la façade maritime de la Salamandre, la présente analyse s'appuie sur quelques exemples thématiques de requalification de fronts de mer : Marina Bay à Singapour, la Baie d'Alger et HafenCity à Hambourg. Ces projets illustrent des approches diverses de reconnexion ville–mer, de mixité d'usages et de création d'espaces publics de qualité, tout en intégrant des enjeux de durabilité et d'identité littorale. Leur mise en regard permet de dégager des principes transposables à Salamandre, tout en adaptant les ambitions aux spécificités locales de Mostaganem.

À partir de ces références, la sélection des critères de choix se fonde sur quatre axes principaux : la qualité de l'espace public, la mixité fonctionnelle, la relation ville/mer, ainsi que la résilience environnementale du front de mer.

EXEMPLE 01: HAFENCITY : DE LA FRICHE PORTUAIRE AU QUARTIER ÉCOLOGIQUE.

SITUATION :

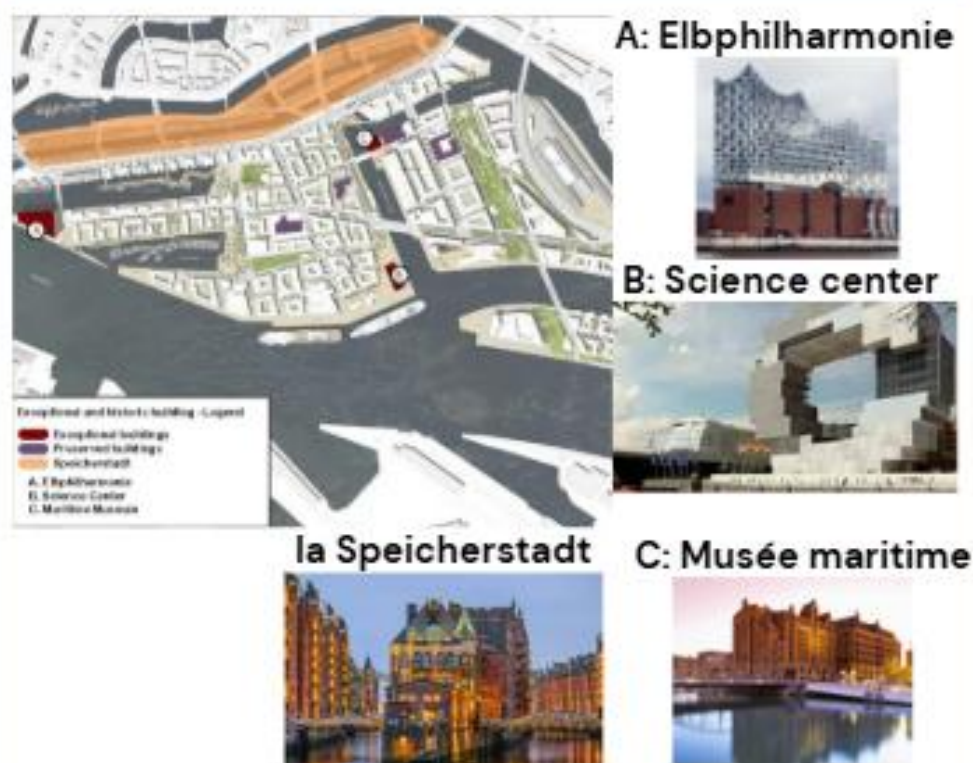


Hafencity est à seulement 800 mètres du centre-ville de Hambourg et à moins de 600 mètres de la gare centrale, avec seule une étroite bande de bâtiments historiques de Speicherstadt la séparant du centre-ville.

HISTOIRE :

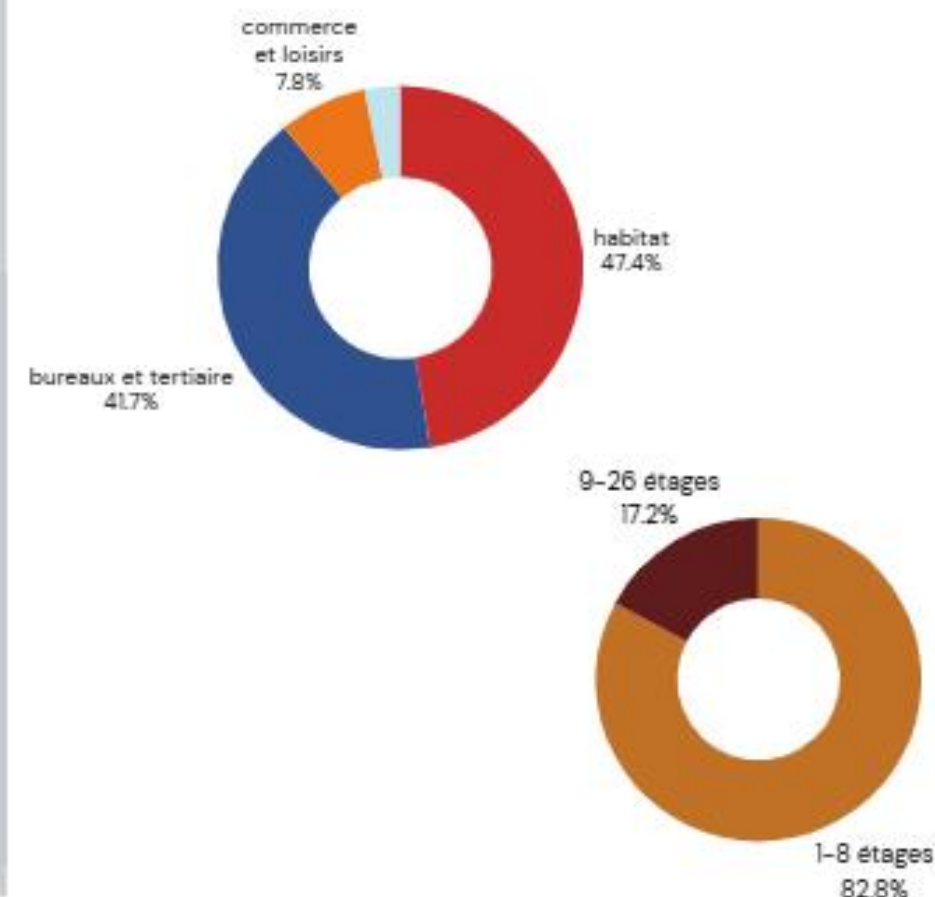
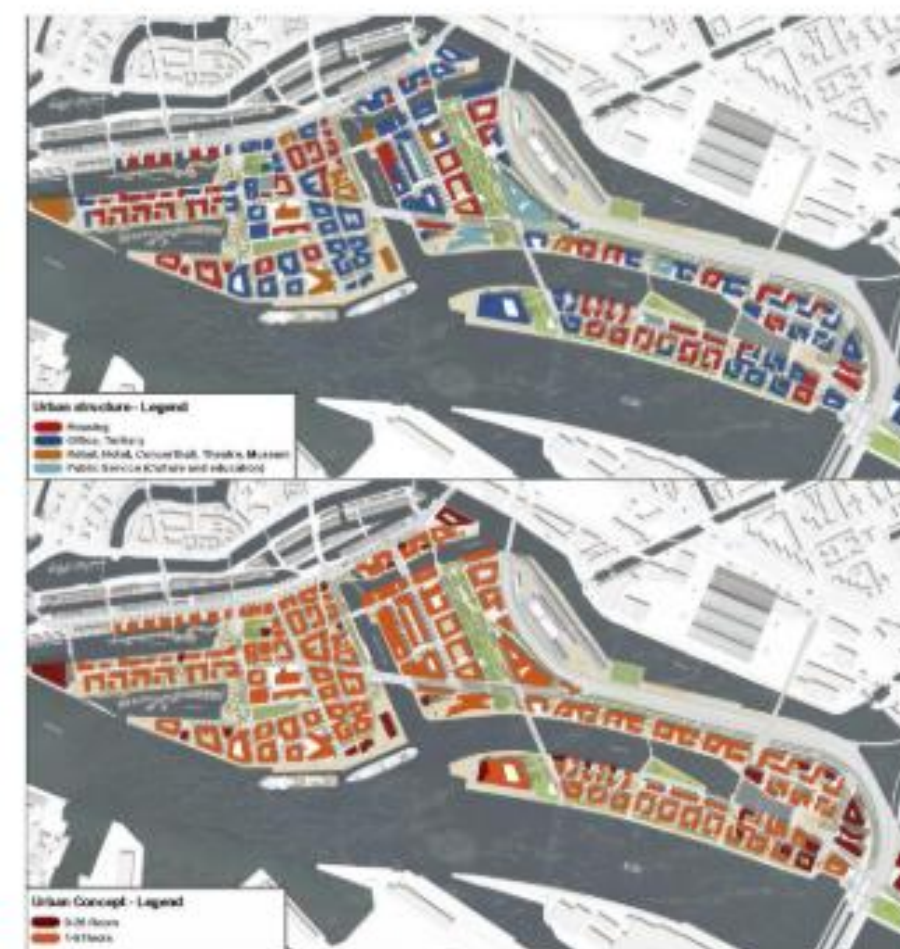
NAISSANCE 1858	RÉVOLUTION INDUSTRIELLE	CRISE WW2	FRICHE	RENAISSANCE
Coexistence du port avec les résidences Moteur économique Port fondateur de la ville	Sandtorhafen (1863-1866) Expansion industrielle Surélévation des quais Connexion au réseau ferroviaire	Bombardements et destructions Avènement du conteneur	Cœur de la ville déconnectée Terrains abandonnés	Mixité fonctionnelle Cœur de la ville déconnectée la Speicherstadt et les bassins sont préservés

HafenCity comporte 4 bâtiments protégés et un site classé à l'UNESCO (la Speicherstadt) parfaitement intégrés avec d'autres bâtiments nouveaux.



PLANIFICATION SPATIALE :

Partie Ouest : la qualité de vie et le cadre de vie.
Partie Centrale : C'est le cœur névralgique et multifonctionnel.
Partie Est : Avec fonctions plus ciblées : loisirs, créativité/culture et un pôle d'affaires métropolitain.
HafenCity repose sur une **planification par quartiers à vocation spécifique**, et utilise la **hauteur comme un outil de composition urbaine** : la norme assure l'harmonie, et l'exception crée les points de repères.



INTÉGRATION TECHNOLOGIQUE ET DURABILITÉ :

Labels:

Écolabel HafenCity : Réduction de "l'énergie grise" en favorisant le bois, l'acier bas-carbone et les matériaux recyclés.

Le "Prix Spécial DGNB Ecolabel": certification mondiale.

Emission CO2 ultra-basses, économie de 12000 tonnes par an:

Ouest : Consommation assurée par l'énergie solaire thermique.

Est : Basé à 90% sur la chaleur fatale d'une usine de cuivre voisine.

Aménagement privilégiant la mobilité douce:

Ajout de pistes cyclables et réduction active de la possession de voitures

Système de covoiturage intégré dans les parkings

Engagement citoyen:

Par le jardinage urbain et le parrainage d'arbres

Réseau écologique :

La vision est de connecter tous les espaces verts (parcs, toitures, façades) pour former un corridor de biodiversité reliant le centre à la périphérie.

Solution "Warft":

Rues construites à 7-8m au dessus du niveau d'eau, créant une "butte" artificielle. Création d'un recul devant les bâtiments créant des promenades inondables temporairement.

Economie circulaire:

les déchets verts deviennent de l'énergie, l'eau est réutilisée localement, et la production alimentaire est intégrée au tissu urbain.

Infrastructures douces : Favorisant la vie associative (espaces de co-working, ateliers, kiosques) et cela dès la phase de conception des aires de jeux par exemple.

Création des zones "sauvages" et des prairies fleuries

Mixité sociale assurée : 30% de logts. subventionnés, soutien aux coopératives d'habitation.

EXEMPLE 02:

LA RÉHABILITATION DU FRONT DE MER ET AMÉNAGEMENT DES SABLETTES À ALGER



Le projet de la Baie d'Alger vise à transformer la façade maritime de la capitale en écométropole méditerranéenne attractive. Mené par Arte Charpentier dans le cadre du SDAU, il repose sur la reconquête des espaces portuaires, la restructuration urbaine et la maîtrise de l'étalement urbain. L'opération couvre 110 km² et mobilise un ensemble pluridisciplinaire pour garantir qualité urbaine, environnementale et sociale.

HISTOIRE :

ANTIQUITÉ :	Xe siècle :	XVIe siècle :
Fondation phénicienne du comptoir Icosim, puis occupation romaine comme Icosium, port stratégique méditerranéen.	Fortification et agrandissement par Bologhine ibn Ziri, naissance de la Casbah, base d'Alger actuelle.	Contrôle espagnol avec forteresse sur le Peñon ; puis prise par Khayr ad-Din Barberousse, corsaire ottoman, qui renforce le port.
PÉRIODE OTTOMANE :	COLONISATION FRANÇAISE :	POST-INDÉPENDANCE :
Expansion du port, fortifications, et développement du littoral comme centre corsaire important.	Modernisation urbaine et portuaire, transformation du littoral avec routes, quartiers et infrastructures.	Urbanisation accélérée, projets de réhabilitation et reconversion durable, intégration des technologies et redynamisation du littoral.

PLANIFICATION SPATIALE :

Projets phares :

Requalification des plages de Bab el Oued.

Paysagement de l'autoroute de l'Est et création d'un boulevard urbain.

Aménagement des Terrasses du Port et de la Place des Martyrs.

Réhabilitation de la rue Tripoli et de l'Oued El Harrach.

Extension vers l'est avec potentiel écoquartier.



Principes spatiaux :

- Macromailage routier : grands axes et infrastructures ferrées pour limiter l'usage automobile.
- Collier de perles : grands équipements et projets immobiliers le long de la côte.
- Grande Promenade de la Baie : linéaire côtier piétonnier et cyclable, planté et filtrant les pollutions.
- Plan bleu et vert : amélioration de la qualité de l'eau, réhabilitation des oueds et végétalisation des berges.
- Fenêtres vertes et poumons verts : ouverture d'espaces verts sur la mer et préservation des terres agricoles de l'est de la baie.

1. Plan linéaire (Sablettes) :

- Réaménagement de la promenade littorale.
- Création d'un parc côtier linéaire.
- Stratégies écologiques : végétation, dunes, renforcement du cordon littoral.
- Nouvelles zones de loisirs et activités publiques.



2. Plan 3D du front de mer / Port :

- Conversion des surfaces portuaires.
- Création d'un axe structurant reliant le quartier de la Marine au port.
- Mise en valeur de la gare ferry et des quais.
- Nouveaux espaces publics, culturels et touristiques.



INTÉGRATION TECHNOLOGIQUE ET DURABILITÉ :

Technologies de durabilité :

Éclairage LED intelligent réglé selon l'affluence et l'heure.

Systèmes de gestion d'énergie pour réduire la consommation nocturne.

Arrosage automatique intelligent basé sur l'humidité du sol.

Technologies de confort et usage :

Capteurs de présence pour moduler l'éclairage.

Station Wi-Fi publique : connectivité numérique.

Affichages électroniques pour l'information aux visiteurs.

Mobilité intelligente

Stationnements organisés + guidage lumineux.

Parcours piétons sécurisés et continus.

Circulation douce (vélos, trottinettes).

Technologies environnementales :

Capteurs de qualité de l'air et de l'eau.

Surveillance de l'érosion littorale.

Systèmes de vidéosurveillance intégrée pour la sécurité.



EXEMPLE 03:

MARINA AT KEPPEL BAY – SINGAPOUR

CONTEXTE ET SITUATION :

- La Marina at Keppel Bay est située à Singapour, sur l'île de Keppel Island, dans le secteur de Keppel Bay à proximité du centre-ville et du front de mer sud de Singapour.
- Elle fait partie d'un vaste développement waterfront mêlant habitations de standing, marina de luxe, loisirs, et bureaux.
- Le site a une histoire industrielle / portuaire : anciennement chantiers navals / docks, reconverti en usage résidentiel et de loisirs.

HISTOIRE :



- Quartier construit sur d'anciens bassins et marinas, avec logements, bureaux et espaces récréatifs.
- Canaux artificiels et promenade le long de la baie.

AMÉNAGEMENT ET INFRASTRUCTURE:



- La marina dispose de 168 emplacements de mouillage (berths) pouvant accueillir des yachts jusqu'à 86 m ou plus pour certains cas.
- Infrastructure technique : système de pontons flottants en béton (réalisés par Bellingham Marine) avec dispositif anti-houle (« winged attenuator pontoons ») et breakwater fixe pour protéger le bassin.
- Pour chaque emplacement, il y a borne d'alimentation électrique et eau, sortie pour pompage des eaux grises/noires; stations carburant (essence/diesel) et système de vidange.

INTÉGRATION TECHNOLOGIQUE ET DURABILITÉ :



La mise en œuvre de la connectivité 5G Standalone (SA) en collaboration entre M1 Limited et Keppel Land Limited.

Cette 5G permet : caméras de surveillance à faible latence, reconnaissance automatique de bateaux, robots de surveillance, casque connectés pour le personnel (vidéo en temps réel, télé-assistance).

Exemple concret : un robot de surveillance déployé sur les quais pour patrouiller, détecter des navires non autorisés, ou fournir services de conciergerie.

Sécurité & gestion : système de « virtual fence » (clôture virtuelle) via caméras IP pour restreindre l'accès aux zones réservées.

- Le design de la marina respecte un concept « Open Concept » : l'eau de mer circule librement dans le bassin, permettant l'entrée de nutriments et plancton, favorisant la vie marine.
- La marina a été distinguée : label « Clean Marina Level 3 » (Australie) et « Green Mark Gold » de Singapour pour ses pratiques environnementales.

Pratiques durables :

- Système de pompage des eaux usées/noires depuis les bateaux, pour éviter rejet direct dans le bassin. Eco-Business
- Utilisation de lavages biodégradables pour les yachts, interdiction de la pêche à l'intérieur de la marina, préservation de coraux, hippocampes, tortues etc.
- Infrastructure de stationnement et éclairage rigoureuse (LED, capteurs de CO2 dans les parkings) pour réduire consommation énergétique.

INTÉGRATION URBAINE ET PAYSAGE :

La marina est reliée à l'île par un pont (ex. Keppel Bay Bridge de 245 m) qui connecte le développement au littoral.

Le paysage littoral valorise la promenade, la vue sur l'eau, la présence d'habitations haut de gamme. Le design architectural s'intègre dans le paysage boisé derrière le site.



Bien que très réussi, le modèle est haut de gamme (luxé, yachts), ce qui pose la question de la répliquabilité à d'autres échelles ou contextes plus populaires.

Le dispositif technologique (robots, 5G) demande investissement et maintenance : coût et complexité élevés.

Même avec circulation d'eau, il faudra surveiller l'impact du changement climatique (hausse du niveau de la mer, événements extrêmes) sur ce type d'aménagement waterfront.

TABLEAU DE SYNTHÈSE

Critères	Baie d'Alger (Algérie)	HafenCity (Hambourg, Allemagne)	Marina Bay (Singapour)
Objectif principal	Faire de la baie une écométropole méditerranéenne ouverte sur la mer	Créer un nouveau quartier urbain durable, mélangeant logements, bureaux et loisirs	Développer un centre urbain futuriste, symbole de la smart city
Problèmes initiaux	Pollution des oueds, dégradation du littoral, rupture ville/mer, congestion routière	Sols pollués, friches portuaires désaffectées, risque d'inondation de l'Elbe	Forte densité urbaine, besoin de nouveaux espaces centraux, défis climatiques tropicaux
Intégration des technologies	Traitement de l'eau (zéro rejet), éclairage LED, monitoring côtier	Énergies renouvelables, smart grid, matériaux durables	IoT urbain, capteurs climatiques, automatisation, façades intelligentes
Approche environnementale	Renforcement des équilibres écologiques, protection du littoral, gestion hydraulique	Certification écologique (DGNB), HafenCity Ecolabel, réduction des émissions	Ville-jardin, toitures vertes, supertrees, traitement naturel/technique de l'eau
Usages et activités	Loisirs, commerce, plages, promenade, restauration	Logements, bureaux, université, musées, commerces	Business, tourisme, culture, technologies, loisirs futuristes
Image urbaine finale	Façade méditerranéenne rééquilibrée, verte, accessible et patrimoniale	Quartier portuaire moderne, durable, vivant	Skyline iconique, hyper-technologique, symbole de Singapour

Les stratégies d'intervention :

À partir des constats du diagnostic urbain et des références thématiques, la requalification du site de la Salamandre s'articule autour d'un ensemble de stratégies d'intervention complémentaires. Ces stratégies visent à transformer la façade maritime et le quartier en un espace public accessible et durable.

2.14.1 Sur le plan urbain et fonctionnel :

À la suite du diagnostic établi, une stratégie d'intervention a été élaborée. Elle repose sur quatre piliers fondamentaux visant à transformer les contraintes identifiées en leviers de développement durable :

- **Renforcement de la mobilité douce :**
Afin de pallier la saturation automobile, l'instauration d'une continuité cyclable le long des axes structurants apparaît donc comme une solution. Elle est complétée par la mise en place d'une ligne de bus électrique assurant une liaison propre et fluide, connectant le quartier tout en réduisant l'empreinte carbone locale.
- **Création d'espaces publics et de stationnement :** Pour répondre au déficit de lieux de vie au cœur des tissus résidentiels. En parallèle, la création de poches de parkings structurés.
- **Reconversion des friches urbaines :** Pour accueillir de nouveaux équipements, agissant comme des moteurs de régénération urbaine et économique.
- **Amélioration du cadre de vie :** L'ensemble de ces interventions vise à restaurer la "marchabilité" du quartier et à renforcer son attractivité.

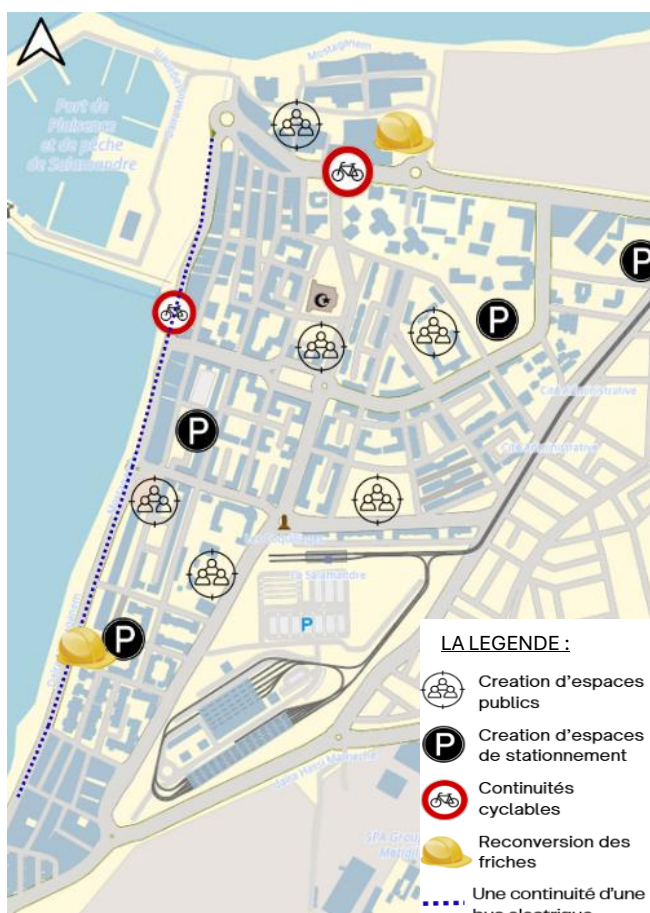


Figure 32 : : Carte de la stratégie d'intervention sur le plan urbain et fonctionnel (source : PDAU 2023).

infrastructures permettront non seulement de dynamiser l'économie locale, mais aussi de structurer le parcours du visiteur.

2.14.4 Sur le plan environnemental et paysager :

Pour répondre aux enjeux environnementaux identifiés dans le diagnostic, le projet s'appuie sur une stratégie innovante qui comprend :

- La restauration de la trame verte : Ces zones agissent comme des îlots de fraîcheur naturels, améliorant le microclimat du quartier tout en offrant des espaces de respiration indispensables à la faune locale et au bien-être des résidents.
- Gestion intelligente des déchets : Ces dispositifs connectés permettent d'optimiser les cycles de collecte et de favoriser le tri à la source, garantissant ainsi la propreté constante de l'espace public.



Figure 35 : Carte de la stratégie d'intervention sur le plan environnemental et paysager (source : PDAU 2023).

- Maintenance automatisée : L'introduction de robots d'entretien le long du littoral et des axes majeurs constitue un levier technologique pour assurer la pérennité des aménagements. Cette démarche permet d'inscrire Salamandre dans une démarche de "Smart City".

Éléments identitaires :

Dans le cadre du master plan, les éléments identitaires servent de fil conducteur à la structuration de l'espace public. Les références internationales ainsi que l'identité balnéaire de la ville sont mobilisées pour renforcer la cohérence du projet et lui conférer une identité reconnaissable. L'intégration des éléments se traduit par des choix matériaux, couleurs...etc., faisant de la façade Salamandre et de sa façade un véritable trait d'union entre ville et mer.

Tableau 6 : tableau récapitulatif des éléments identitaires de la requalification de Salamandre et leurs impacts. (Source : auteur).

Façades des bâtiments	<u>Matériaux</u> : Béton fibré, bois traité, verre intelligent (capteur solaire), matériaux hygromorphes. <u>Couleurs</u> : Blanc et bleu <u>Éclairage</u> : LED intelligentes avec capteurs de présence et luminosité adaptative <u>Détails / Finitions</u> : Balcons végétalisés, brise-soleil automatisés, capteurs météo intégrés <u>Voirie / Circulation</u> : Voie partagée limitée à circulation douce
Intégration technologique	Capteurs de température et humidité pour ajuster ventilation naturelle et ombrage
Impact	Réduction consommation énergétique, confort thermique et visuel
Toitures et terrasses	<u>Matériaux</u> : Toit végétalisé, panneaux solaires intégrés <u>Couleurs</u> : Vert, marron naturel <u>Éclairage</u> : Lampes solaires intégrées, éclairage indirect <u>Détails / Finitions</u> : Récupération eau pluie, panneaux photovoltaïques <u>Recul / Espaces libres</u> : Espaces libres pour jardins partagés, patios
Intégration technologique	Systèmes IoT pour monitoring énergétique et irrigation intelligente
Impact	Augmentation biodiversité, stockage d'eau et production d'énergie
Espaces publics / trottoirs	<u>Matériaux</u> : Pavés perméables, bois, béton recyclé <u>Couleurs</u> : Tons neutres et naturels <u>Éclairage</u> : Lampadaires LED solaires à intensité variable <u>Détails / Finitions</u> : Bancs modulables, signalétique numérique interactive <u>Recul / Espaces libres</u> : Largeur piétonne + zones de végétation <u>Voirie / Circulation</u> : Zones piétonnes et cyclables
Intégration technologique	Capteurs de circulation piétonne et cycliste, mobilier connecté
Impact	Gestion intelligente des flux, réduction îlot de chaleur
Voirie / rues	<u>Matériaux</u> : Enrobé recyclé, revêtement perméable <u>Couleurs</u> : Gris clair <u>Éclairage</u> : LED intégrées dans chaussée pour signalisation <u>Détails / Finitions</u> : Bordures avec plantes intégrées, marquages intelligents <u>Recul / Espaces libres</u> : Bande latérale pour stationnement et plantations <u>Voirie / Circulation</u> : Priorité vélo et transport doux

Intégration technologique	Système d'éclairage et de signalisation connecté
Impact	Réduction pollution, amélioration sécurité, absorption eaux pluviales
Espaces verts / parcs	<u>Matériaux</u> : Sols naturels, plantations locales, matériaux biodégradables pour aménagements <u>Couleurs</u> : Vert et tons terre <u>Éclairage</u> : Éclairage solaire discret, programmation horaire <u>Détails / Finitions</u> : Arbres intelligents avec capteurs humidité et croissance (supertrees) <u>Recul / Espaces libres</u> : Ample recul par rapport aux bâtiments <u>Voirie / Circulation</u> : Sentiers piétons et cyclables
Intégration technologique	Monitoring climatique, arrosage automatique, capteurs de qualité air
Impact	Maintien biodiversité, confort thermique, amélioration qualité air
Détails architecturaux	<u>Matériaux</u> : Brise-soleil dynamiques, vitrages électro chromes <u>Éclairage</u> : LED intégrées façade, variations lumière selon usage <u>Détails / Finitions</u> : Balcons végétalisés, pergolas, panneaux interactifs <u>Voirie / Circulation</u> :
Intégration technologique	Interaction avec capteurs météo et contrôle énergie
Impact	Réduction consommation, confort visuel, régulation thermique

Le Master Plan :

Le Master Plan proposé pour le quartier marque le passage d'un tissu urbain fragmenté à un front de mer intelligent résilient, où l'urbain dialogue avec le littoral harmonieusement. Cette intervention s'articule autour de plusieurs axes de composition majeurs :

- La reconquête de la frange maritime.
- Le maillage vert et la perméabilité des îlots.
- La rationalisation de la trame viaire et des flux.
- Densification et mixité programmatique

INTERVENTION SUR LA FACADE URBAINE

AVANT



APRÈS



AVANT



APRÈS



AVANT



APRÈS



INTERVENTION SUR SALAMANDRE - MASTER PLAN -

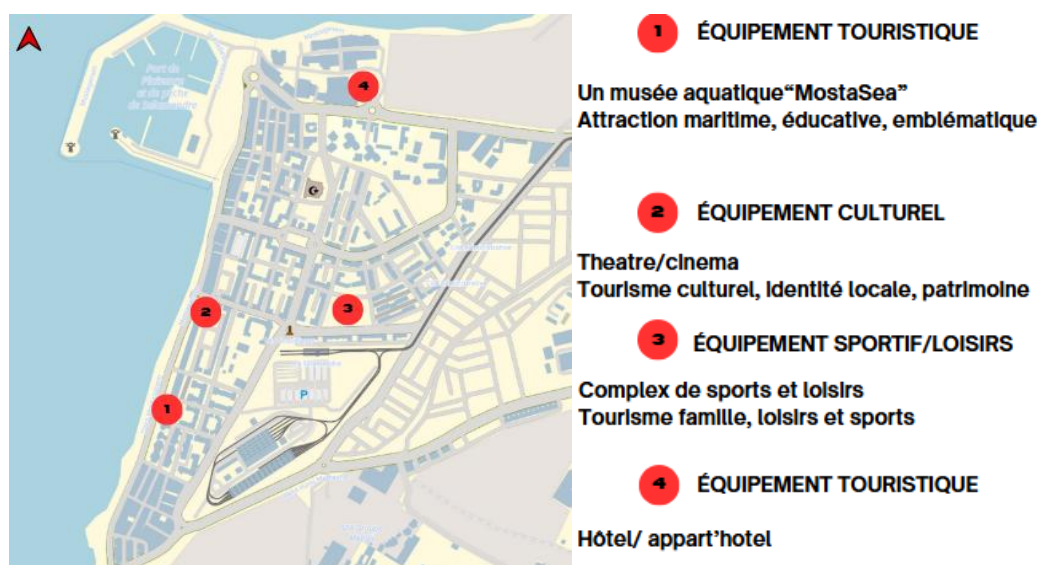
Zone	Actions principales
Front de mer	Bus intelligent + promenade + supertrees + pistes piétons/vélos
Quartiers	Arbres + mini-parcs + aires enfants/adultes + toitures végétalisées
Université	Végétation + allées ombragées + espaces d'étude extérieur
Terrains projetés	Musée aquatique + complexe sportif + ciné-théâtre+ hôtel
Mobilité smart	Lampadaires connectés + arrêts intelligents + bancs solaires

IMAGINATIONS PAYSAGÈRES DE SALAMANDRE





2.16.1 Proposition des équipements :



Les équipements projetés s'organisent en quatre pôles :

- Le premier sera l'objet d'une conception plus élaborée (équipement touristique) ;
- Le deuxième se plantera sur une place existante peu utile sur la façade maritime (équipement culturel) ;
- Le troisième est aussi implanté sur des terrains de football déjà existants (équipement sportif) ;
- Enfin, le quatrième est implanté à l'entrée du quartier, dans une zone d'équipements principalement (équipement touristique). (PDAU, 2023)

Conclusion :

La phase de diagnostic urbain menée, met en lumière un ensemble de faiblesses mais aussi de fortes potentialités liées à la situation littorale, à l'identité balnéaire et à la proximité du centre-ville. Ce constat souligne le besoin d'un projet structurant capable de relier ville et mer tout en générant une nouvelle centralité publique et culturelle sur le front de mer.

C'est pour cela que nous proposons **la création d'un pôle touristique et culturel** : musée aquatique et centre culturel "MostaSea". Le projet est un équipement culturel innovant dédié à la mer, à la biodiversité et à l'exploration du littoral mostaganémois.

Chapitre 4 : Programmation Architecturale

Introduction :

Ce chapitre expose la programmation architecturale qui découle de l'analyse approfondie d'exemples clés.

Dans un premier temps, une analyse thématique de quatre exemples emblématiques (trois aquariums et un centre culturel) permet de dresser le programme du projet défini comme un équipement hybride et de s'intégrer dans un contexte international mais aussi local.

Analyse thématique :

4.2.1 Le tourisme culturel et scientifique comme levier de développement territorial :

4.2.1.1 Le tourisme comme moteur de développement local :

Le tourisme constitue aujourd'hui un levier stratégique de développement économique, social et spatial pour les territoires, notamment les villes côtières. Selon l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT), le tourisme ne se limite plus à une activité de loisir, mais participe activement à la requalification urbaine, à la création d'emplois et à l'amélioration de l'image des villes.

Dans ce contexte, les équipements culturels et scientifiques deviennent des attracteurs territoriaux, capables de générer des flux touristiques durables tout au long de l'année, au-delà de la saison estivale. (OMT (Organisation Mondiale du Tourisme), 2018)

4.2.1.2 Le tourisme culturel : de la visite à l'expérience

Le tourisme culturel se définit comme une forme de tourisme motivée par la découverte du patrimoine, de la culture, du savoir et des modes de vie locaux. Il ne s'agit plus seulement de visiter des monuments, mais de vivre une expérience immersive et éducative.

Les centres culturels, musées et équipements pédagogiques jouent un rôle fondamental dans cette évolution en proposant :

- Des expositions interactives ;
- Des parcours scénarisés ;
- Des espaces d'échange et d'apprentissage.

Ainsi, l'architecture devient un outil de mise en scène du savoir, renforçant l'attractivité touristique du lieu. (Richards, 1996) (Choay, 1992)

4.2.1.3 Le tourisme scientifique et éducatif : le rôle des aquariums

Le tourisme scientifique et éducatif connaît un essor important, notamment à travers des équipements comme les aquariums, les centres d'interprétation et les musées scientifiques.

L'aquarium contemporain n'est plus uniquement un espace d'exposition d'espèces marines, mais un outil de sensibilisation environnementale, abordant des thématiques telles que :

- La biodiversité marine ;
- La protection des écosystèmes ;
- Les enjeux climatiques.

Il attire un public diversifié (familles, scolaires, chercheurs, touristes) et contribue à un tourisme durable et responsable. (Falk, 2013) (Ballantyne, 2011)

4.2.1.4 Les villes littorales et le tourisme maritime :

Les villes côtières disposent d'un fort potentiel touristique lié à la mer, au paysage et aux activités maritimes. Cependant, le tourisme balnéaire classique montre aujourd'hui ses limites (saisonnalité, pression sur les ressources, banalisation des espaces).

Face à cela, de nouvelles stratégies émergent, privilégiant :

- La diversification de l'offre touristique ;
- La valorisation du patrimoine maritime ;
- La création d'équipements culturels structurants.

L'aquarium et le centre culturel participent ainsi à une relecture contemporaine du front de mer, transformant celui-ci en un espace vivant, pédagogique et accessible toute l'année. (Corbin, 1988) (Gravari-Barbas, 2015)

4.2.1.5 Le tourisme durable et la sensibilisation environnementale :

Le concept de tourisme durable vise à concilier :

- Attractivité touristique ;
- Préservation de l'environnement ;
- Développement socio-économique local.

Dans ce cadre, les équipements culturels et scientifiques liés à la mer jouent un rôle essentiel en sensibilisant le public aux enjeux écologiques marins.

L'architecture devient alors un support pédagogique, traduisant ces valeurs à travers :

- Le rapport au site ;
- Le traitement des espaces ;
- Le choix des matériaux et des ambiances. (UNESCO, 2016)

EXEMPLE 01:

KARLOVAC FRESHWATER AQUARIUM AND RIVER MUSEUM



PRÉSENTATION DU PROJET :

- **Localisation** : Karlovac, quartier Gornje Mekušje, rive droite de la rivière Korana (Croatie).
- **Architectes** : 3LHD (Saša Begović, Marko Dabrović, Tatjana Grozdanić Begović, Silvije Novak, + équipe).
- **Maître d'ouvrage** : Ville de Karlovac.
- **Type** : Aquarium d'eau douce + musée des rivières, équipement public touristique et éducatif.
- Capacité d'accueil: 150 visiteurs

Données dimensionnelles:

- Surface du site : 8 327 m².
- Surface construite : 2 915 m².
- Empreinte au sol : 1 939 m².
- Date d'achèvement : 2016.

SITUATION :

L'Aquatika, est situé sur la rive droite de la rivière Korana, à environ 5 minutes à pied du centre-ville, adjacent à une promenade riveraine avec des spots de baignade. Il se trouve près du pont Korana, du stade de football à l'ouest et d'un espace polyvalent pour concerts au sud, sur un ancien site de camping abandonné.



ANALYSE DE L'IMPLANTATION :

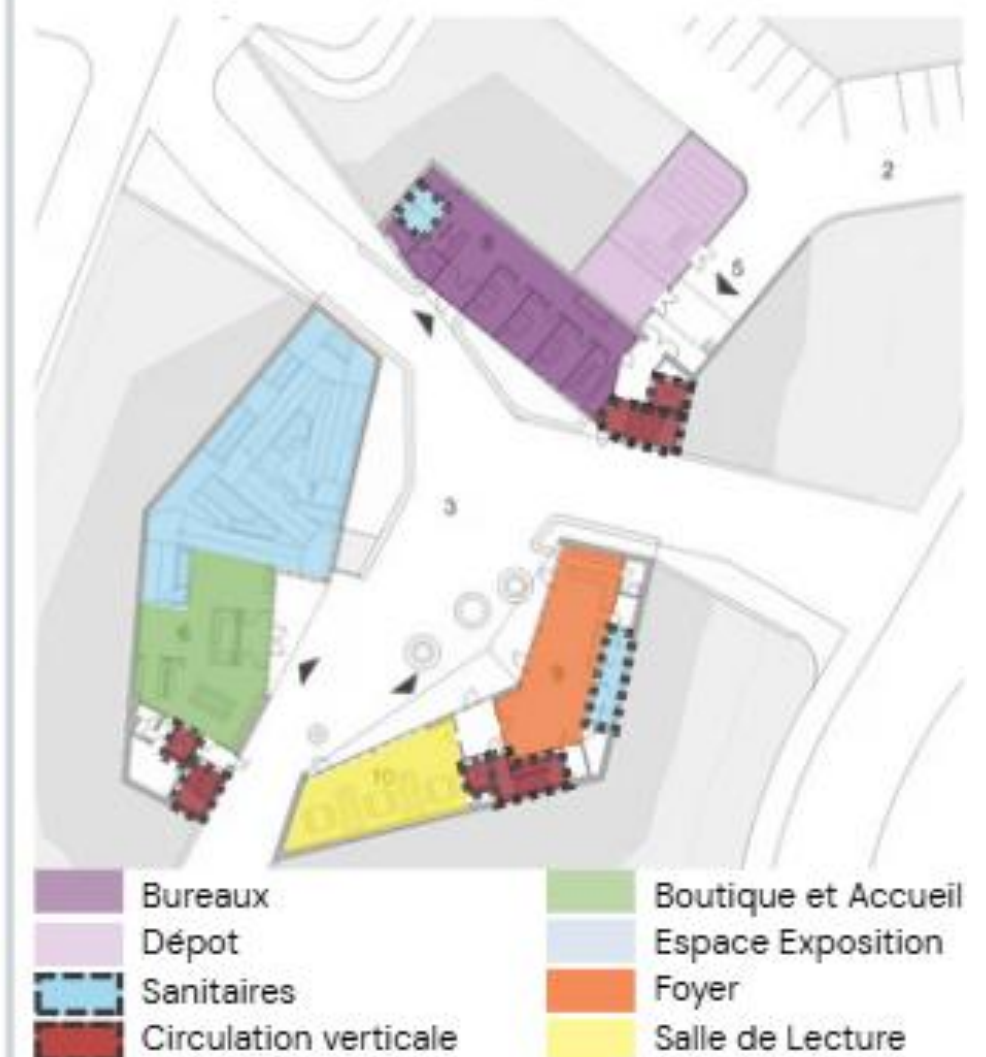
- Implantation en berge, sur un ancien terrain de camping le long de la Korana.
- Bâtiment partiellement enterré et entièrement recouvert de talus de terre et de toitures végétalisées, inspirés des remparts en terre de la « Karlovac star ».
- Le volume bâti entoure et définit une place publique centrale, qui devient le nouveau foyer urbain côté rivière.

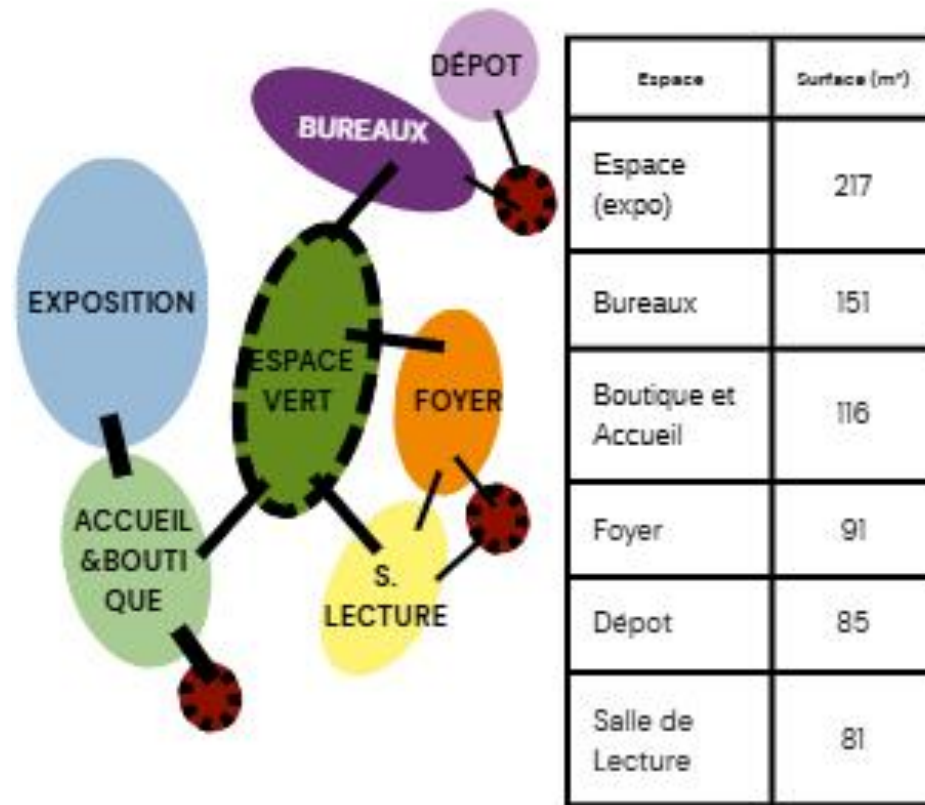
LA LEGENDE :

- Espace Vert central
- Parking
- Aire de jeu
- Bâti
- Accès Parking
- Accès Public
- Accès Service

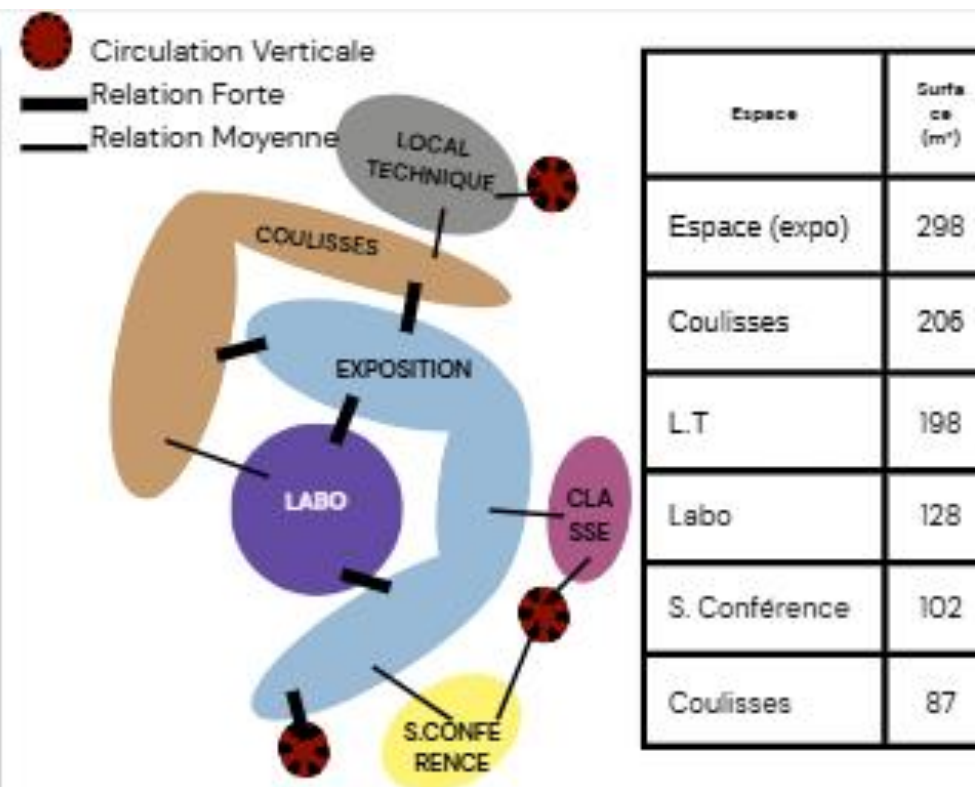
ANALYSE DES FONCTIONS :

PLAN DU RDC :





PLAN DU SOUS-SOL :



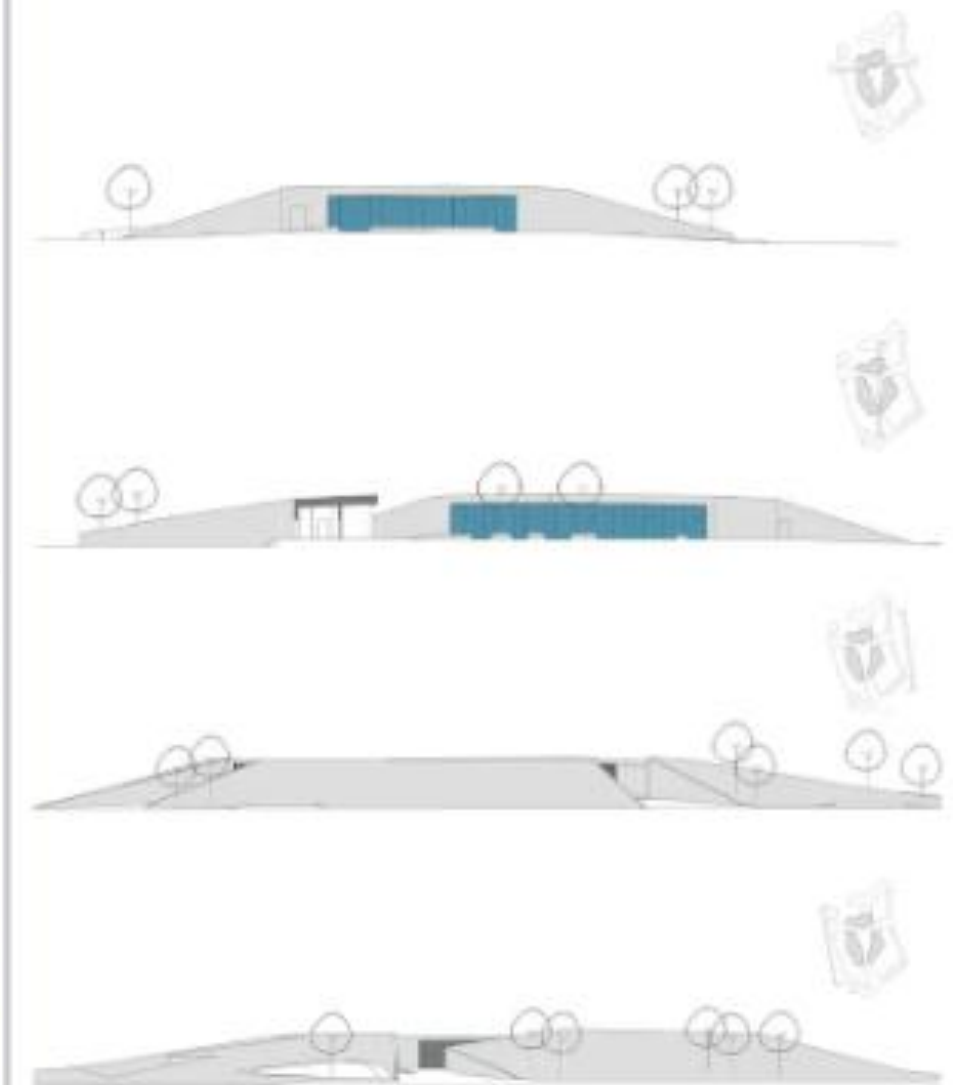
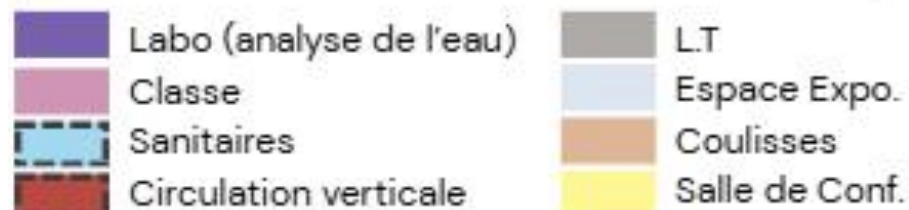
ANALYSE DU PARCOURS VISITEUR :



L'exposition suit le cours d'une rivière karstique via des rampes descendantes sous terre : de la source aux grottes endémiques, grands aquariums rares, tunnel immersif sous la rivière, marécages avec nénuphars, cascades et travertins. Elle remonte via escalier/ascenseur après la boutique.

ANALYSE DES FACADES :

Les façades visibles sont uniquement celles donnant sur la place ; les autres façades et toitures sont « invisibles », assimilées au parc et aux cheminements extérieurs.



EXEMPLE 02:

L'AQUARIUM DE BENI SAF



PRÉSENTATION DU PROJET :

- **Localisation** : Commune de Beni Saf, Ain Temouchent, Algérie.
- **Architectes** : Jean Rosello (1950-1958) .
- **Rénovation** : en 2013 par le B.E.T Menouar Hacene.
- **Typologie** : Station d'expérimentation de Beni Saf (annexe CNRDPA)
- 24 bassins d'1 m³
- **Capacité d'accueil** : 250 visiteurs

Données dimensionnelles:

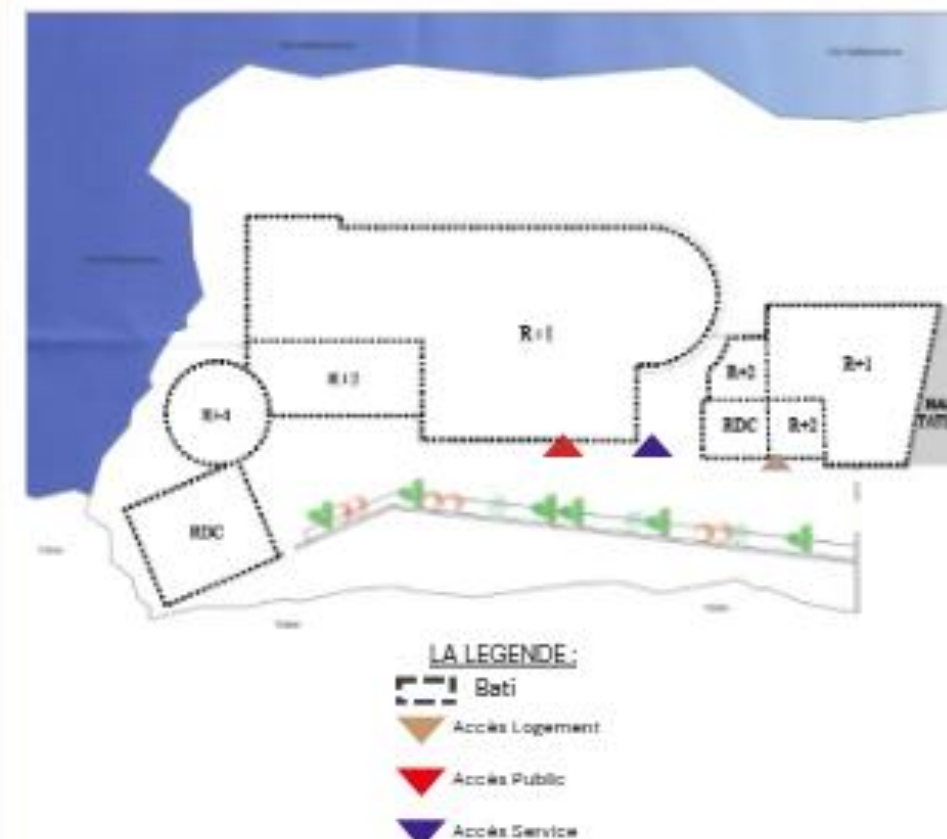
- Surface du site : 771 m².
- Surface construite : 865 m².
- Empreinte au sol : 543 m².

SITUATION :

Le projet se situe à l'interface entre le relief escarpé du littoral et la frange maritime. Il est seulement accessible à partir de voies tertiaires du quartier résidentiel qui l'entoure.



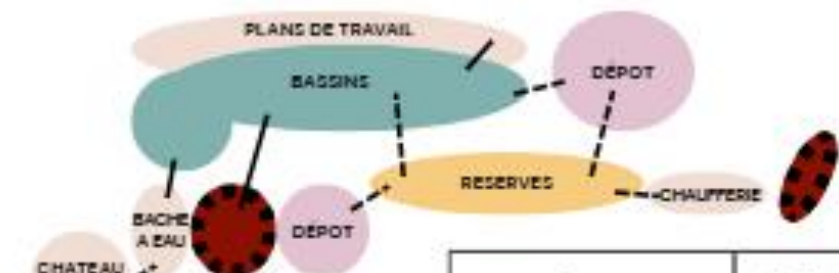
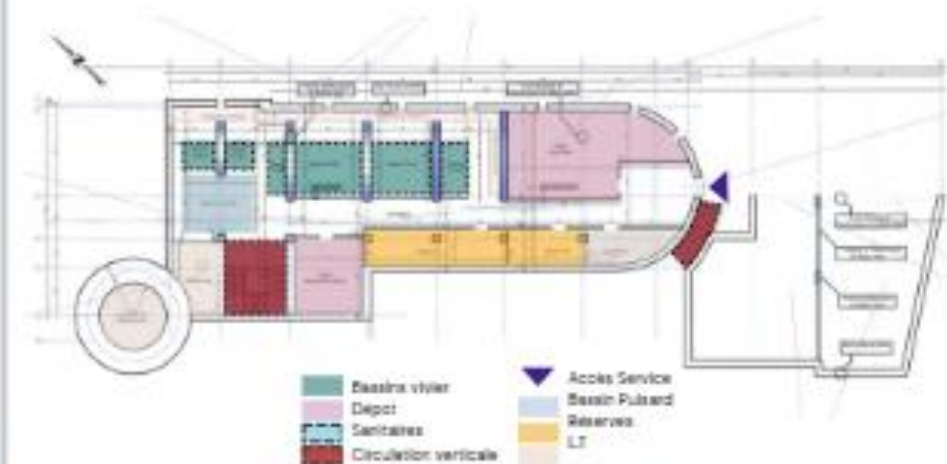
ANALYSE DE L'IMPLANTATION :



- L'aquarium de Beni Saf s'implante sous forme de bateau, il se dresse sur la pointe d'une falaise.
- Il est composé de 3 bâtis distincts: Bâtiment principal + Château d'eau, Atelier et Logements de fonction.
- Il ne comporte pas de parking ni d'espaces verts aménagés.

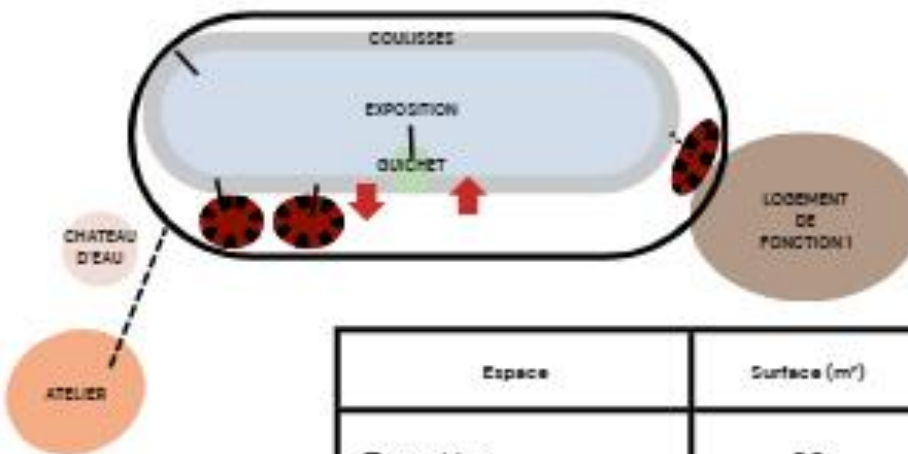
ANALYSE DES FONCTIONS :

PLAN DU SOUS-SOL :



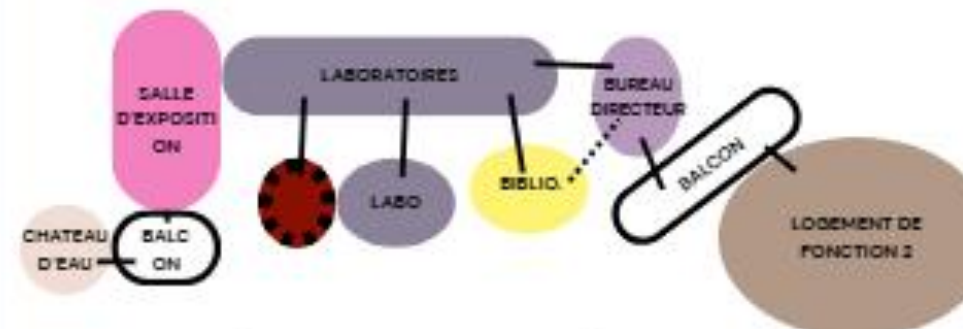
Espace	Surface (m ²)
Bassins	41
Coulisses	39
Bâche à eau	9
Dépôt	50
Réserves	22
Chaufferie	8

PLAN DU RDC :



Espace	Surface (m²)
Exposition	82
Aquariums	46
Coulisses	71
Guichet	3
Logement de fonction	75

PLAN DU 1ER ÉTAGE :



Espace	Surface (m²)
Laboratoires	78
Salle d'exposition	48
Bibliothèque	23
Bureau directeur	21

ANALYSE DE LA FACADE :



L'aquarium comporte une seule façade visible depuis la plage. Le bâtiment principal comporte un mur en pierre avec fenêtres alignées, l'étage est en retrait pour laisser place à une terrasse. Le tout est "couronné" avec le château d'eau en pierre. Les logements de fonctions présentent une façade minérale sans traitement spécifique à priori.

EXEMPLE 03:

I OCEAN MUSEUM



PRÉSENTATION DU PROJET :

- **Localisation** : Chaojing Park, près de la ville de Keelung, Taiwan
- **Typologie** : Musée océanographique, aquarium, centre d'interprétation maritime et scientifique
- **Architectes** : B+P Architects
- **Maître d'ouvrage** : National Museum of Marine Science and Technology / centre de recherche marine de Chaojing

Données dimensionnelles :

- Surface construite : 5 819 m²
- Année d'achèvement de la rénovation : 2022
- Portée du sky bridge : environ 40 m

SITUATION :

Le i Ocean Museum est implanté dans le parc côtier de Chaojing, il se trouve en bord de baie, dans un ancien site de décharge réhabilité : le musée fonctionne comme un équipement spécialisé accessible depuis Keelung, au cœur d'un ensemble de promenades, pistes et pelouses tournées vers le paysage marin.



ANALYSE DE L'IMPLANTATION :



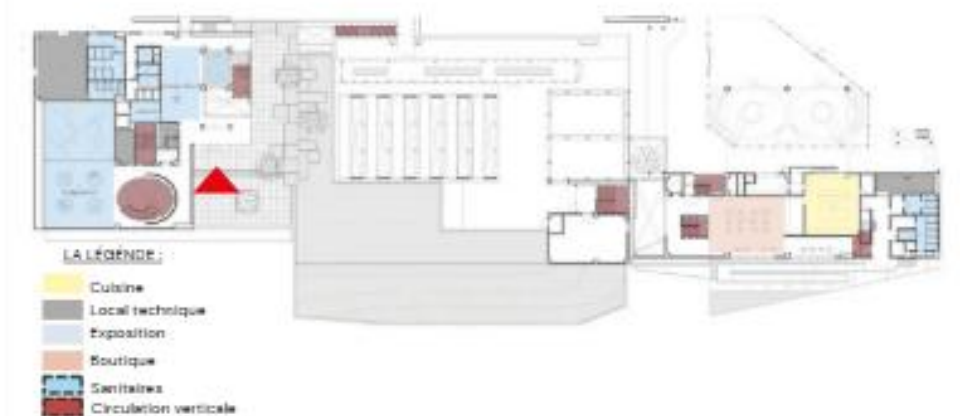
Le musée est au cœur d'un ensemble de promenades, pistes et pelouses tournées vers le paysage marin.

ANALYSE DES FONCTIONS :

PLAN DU SOUS-SOL :



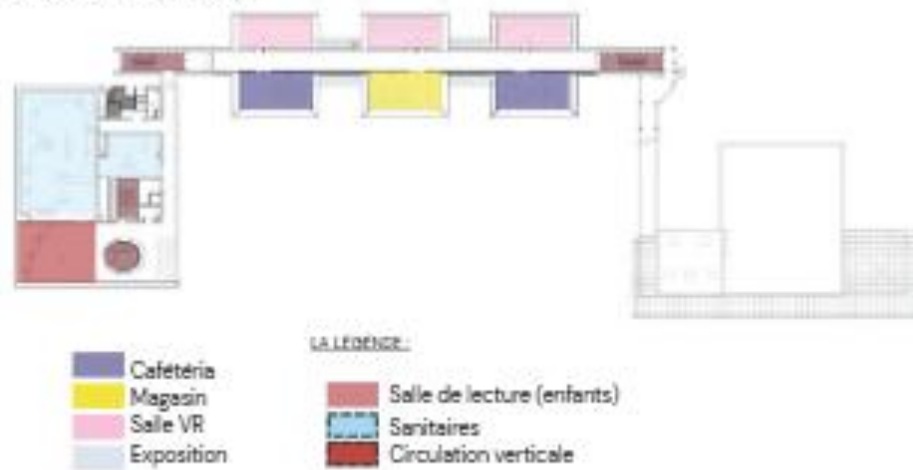
PLAN DU RDC :



PLAN DU 1ER ÉTAGE :



PLAN DU 2EME ÉTAGE:



SURFACES:

SOUS-SOL :

Espace	Surface (m²)
Poste de travail	272
L.T	862
Exposition	19
Aquarium enterré	23
Guichets	77
Bureau	27
Boutique	130

RDC :

Espace	Surface (m²)
Exposition	264
L.T	99
Cuisine	71
Boutique	98

1ER ÉTAGE:

Espace	Surface (m²)
Bureaux	189
Salle de conf.	30
Exposition	100
L.T	48
Laboratoire	374
Boutique	23
Kitchenette	16

2EME ÉTAGE :

Espace	Surface (m²)
Cafétéria	122
Magasin	61
Exposition	265
Salle VR	138
Salle de lecture	104

ANALYSE DES FACADES :



Façades du bridge de 40 m agissent comme des "conteneurs vivants": les parois vitrées transforment les visiteurs en observateurs/observés, intégrant vue marine, végétation et aquariums intérieurs, pour une immersion paysagère et thématique océanique.

Facades minérales et transparentes



facade "aveugle" qui abrite l'escalier d'exposition



EXEMPLE 04:

CENTRE CULTUREL ALB'ORU



PRÉSENTATION DU PROJET :

- Localisation : Bastia, Haute-Corse, France
- Adresse : 13 rue Saint-Exupéry, 20600 Bastia
- Typologie : Centre culturel
- Architectes : Devaux & Devaux Architectes,atel'architecture
- Maître d'ouvrage : Ville de Bastia

Données dimensionnelles :

- Surface construite : 2 812 m²
- Année de réalisation : 2015
- Coût estimé : 10,5 M€ hors taxes

Données techniques :

- Label énergétique : Bâtiment Basse Consommation (BEPOS visé avec -20 % de consommation réglementaire)

Programme :

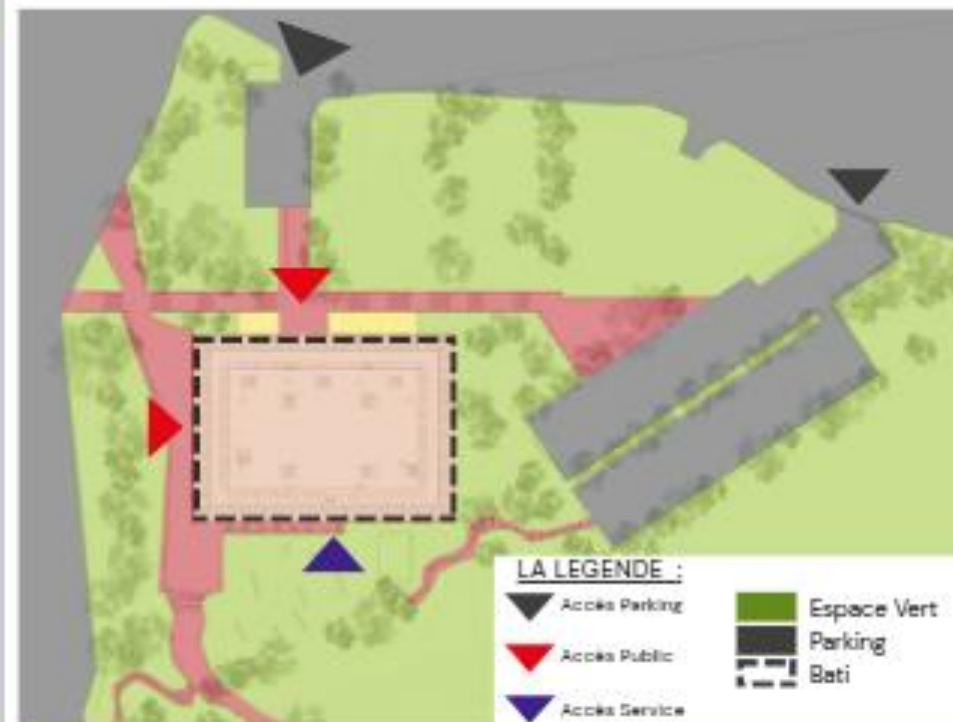
- Médiathèque / media library
- Salle de spectacle / auditorium
- Studios de pratiques artistiques et répétitions
- Foyer / accueil public
- Espaces annexes (loges, locaux techniques)

SITUATION :

Le Cultural Center Alb'Oru, situé à Bastia(France) dans le quartier Lupino, s'inscrit dans un contexte de renouvellement urbain visant à renforcer la dynamique sociale et culturelle du secteur. Implanté au cœur d'un parc ouvert, le projet bénéficie d'une accessibilité piétonne fluide et directe, en continuité avec les espaces publics environnants, favorisant son appropriation par les habitants. Les accès sont clairement hiérarchisés avec une entrée principale pour le public, tandis que les accès techniques et de service sont dissociés, garantissant une organisation efficace des flux et une bonne lisibilité fonctionnelle.



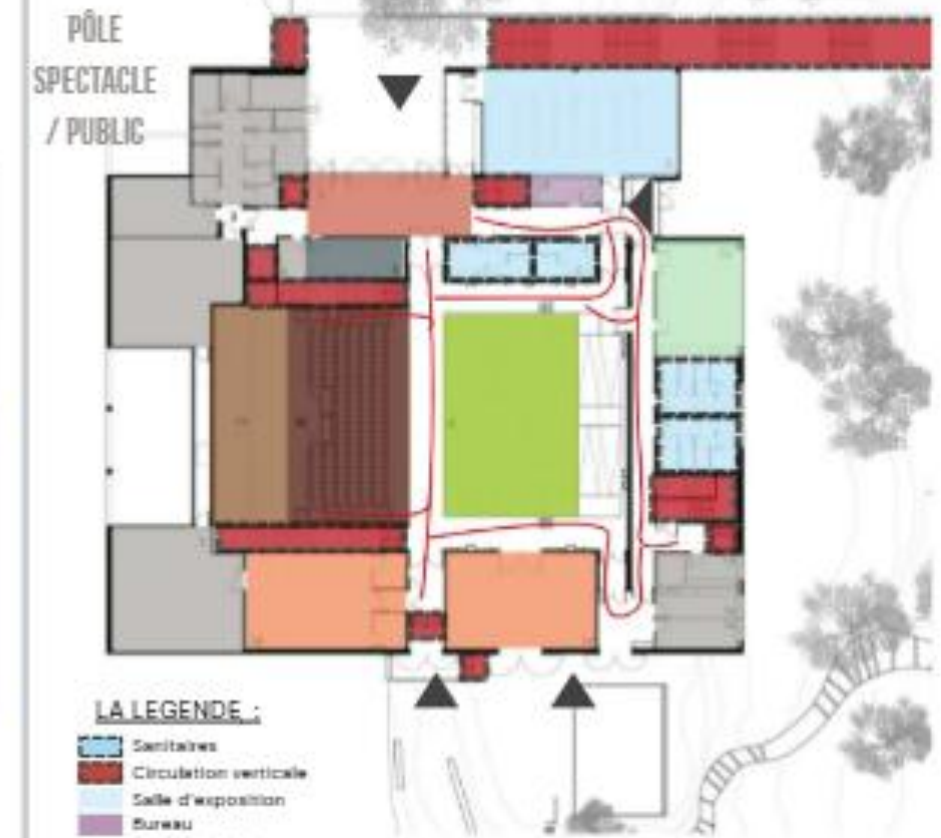
ANALYSE DE L'IMPLANTATION :



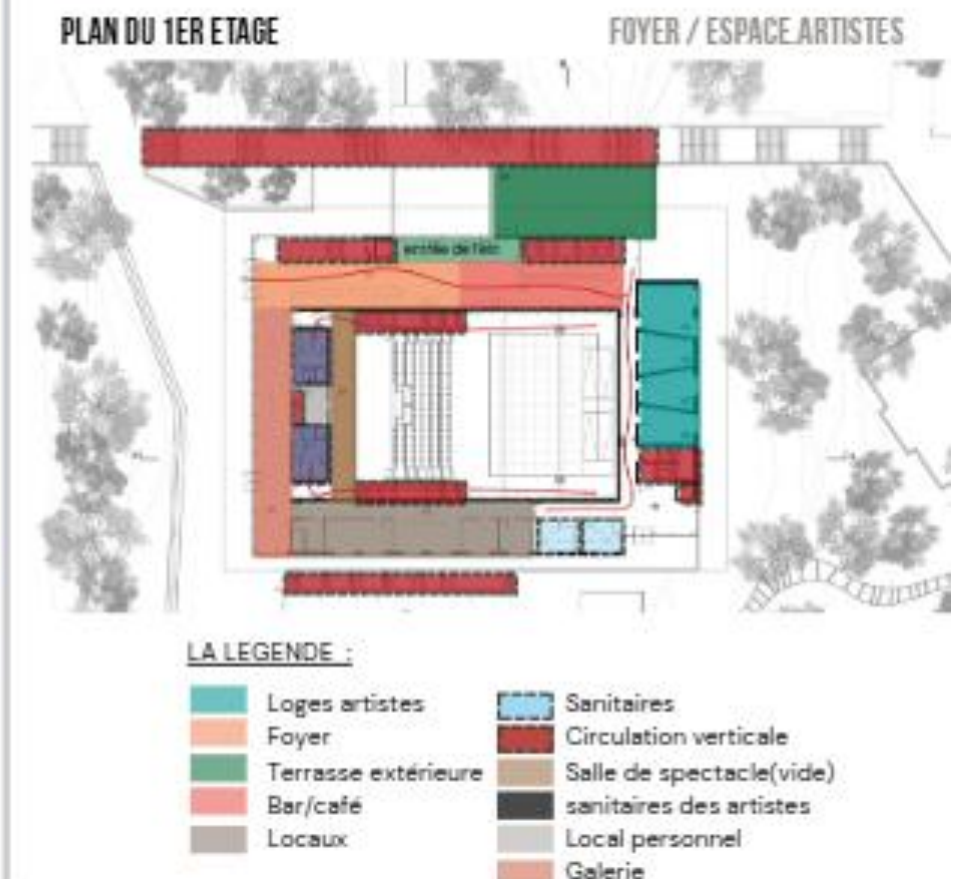
Le projet se distingue par une implantation ouverte dans un parc paysager, sans rupture avec son environnement, renforçant son rôle d'équipement public intégré. Son concept architectural repose sur une dualité entre un socle massif en béton, accueillant les fonctions de spectacle et caractérisé par des espaces fermés et introspectifs, et un volume supérieur léger et transparent dédié à la médiathèque, favorisant la lumière naturelle et les vues. L'ensemble est structuré autour d'un patio central qui organise les circulations et apporte une qualité spatiale forte, traduisant une opposition maîtrisée entre ombre et lumière, masse et légèreté.

ANALYSE DES FONCTIONS :

PLAN DU RDC :



PLAN DU 1ER ETAGE



PLAN DU 2EME ETAGE

MEDIATHEQUE



LA LEGENDE :

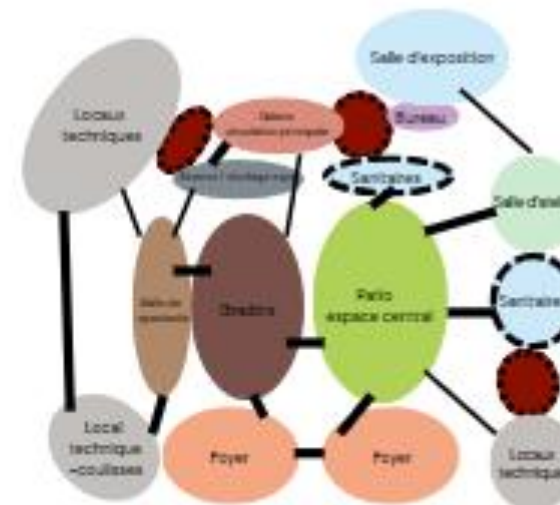
Salle de lecture	Sanitaires
Locaux et dépôt	Circulation verticale
	Médiathèque/bibliothèque

SURFACES :

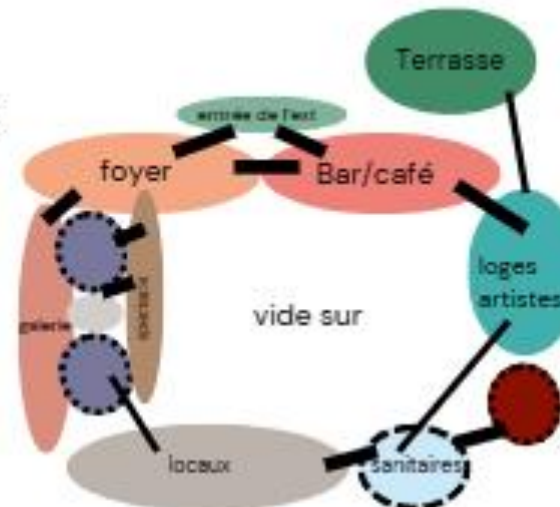
RDC :	1ER ÉTAGE :	2EME ÉTAGE :
Galerie principale	Foyer	Médiathèque
Salle d'exposition	café	Salle de lecture
Bureau	Logess artistes	Sanitaires
Locaux-stockage	Sanitaires des artistes	Locaux /dépôt
Galerie	Local personnel	
Gradins	Galerie	
Salle de spectacle	Spectacle -vide-	
Patio	Terrasse	
Foyer	Sanitaires	
salle d'atelier	Locaux	
Sanitaires		

ORGANIGRAMMES :

RDC :



1ER ÉTAGE :



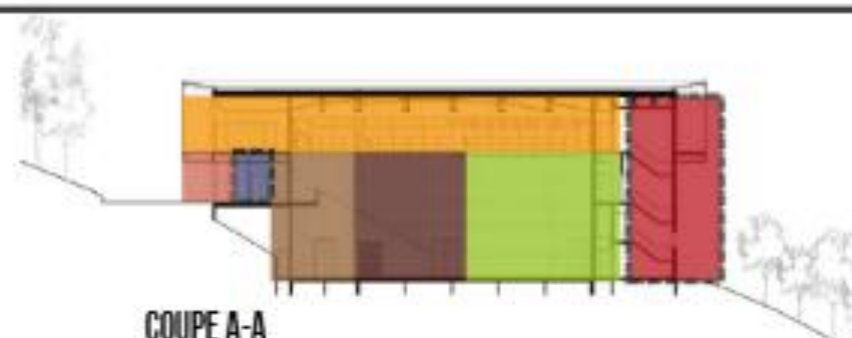
2EME ÉTAGE :



LA LEGENDE :

●	Circulation Verticale
—	Relation Forte
—	Relation Moyenne

ANALYSE DES COUPES :



COUPE A-A

La coupe A-A révèle une répartition linéaire avec une superposition optimisée : la médiathèque, située en hauteur, profite abondamment de la lumière naturelle, alors que la salle de spectacle, en bas, reste plus close pour répondre aux besoins acoustiques ; un patio intermédiaire agit comme un filtre entre les deux.



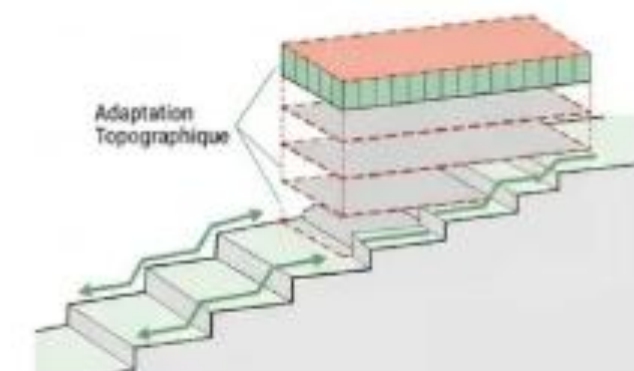
COUPE B-B

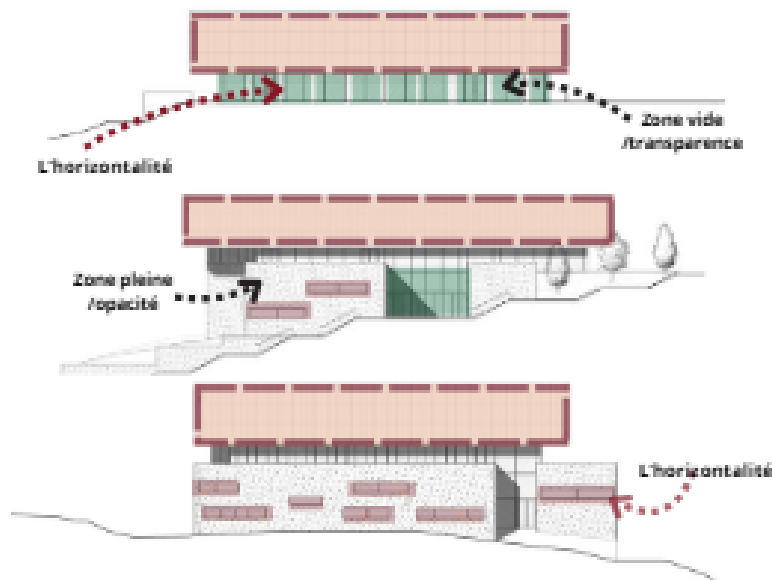
LA LEGENDE :

Sanitaires	Salle de spectacle
Circulation verticale	Patio
Salle d'exposition	Foyer
Bureaux	sanitaires des artistes
Locaux techniques	Terrasse extérieure
Galerie	Médiathèque/bibliothèque
Gradins	Locaux et dépôt

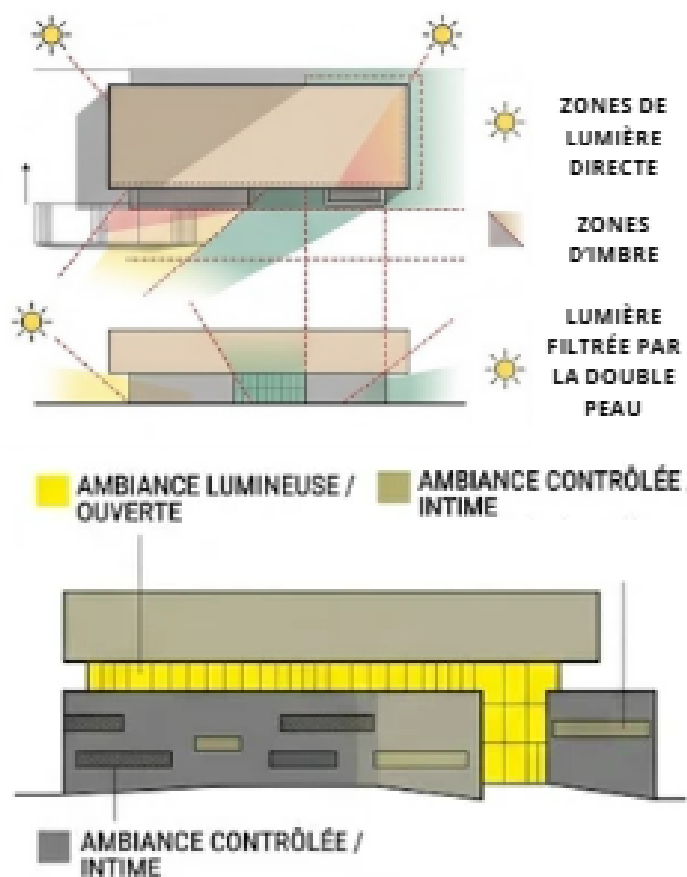
La coupe B-B illustre une organisation centrée sur ce patio, véritable noyau du bâtiment, qui garantit l'éclairage, la ventilation et la fluidité des espaces. L'ensemble reflète une architecture cohérente où circulations, volumes et fonctions s'articulent avec précision.

ANALYSE DES FACADES :





Les façades du Centre Culturel Alb'Oru affichent une écriture sobre et horizontale : un volume supérieur léger flotte au-dessus d'un socle minéral massif, s'intégrant au terrain en pente. Les baies vitrées hautes favorisent lumière et transparence, tandis que des percements discrets au socle assurent intimité. Équilibre parfait entre ouverture et protection.



TABEAU DE SYNTHÈSE

	Karlovac Freshwater Aquarium (Croatie)	Aquarium de Béni Saf (Algérie)	i Ocean Museum (Taïwan)	Centre Culturel Alb'Oru (France)
Concept architectural	Bâtiment partiellement enterré, recouvert de talus et toitures végétalisées.	Implantation en forme de bateau se dressant sur la pointe d'une falaise.	Réhabilitation d'une ancienne décharge ; le bâtiment agit comme un "conteneur vivant" avec des parois vitrées.	Dualité entre un socle massif (spectacle) et un volume supérieur léger et transparent (médiathèque).
Implantation & Contexte	En berge de la rivière Korana. Volume entourant une place centrale.	Sur une falaise dominant la plage. Composé de 3 bâtis (principal, atelier, logements).	Situé dans le parc côtier de Chaojing, en bord de baie, intégré à un réseau de promenades.	Au cœur d'un parc ouvert dans un quartier en renouvellement urbain (Lupino, Bastia).
Organisation spatiale	Parcours suivant le cours d'une rivière via des rampes descendantes sous terre.	Organisation verticale sur 3 niveaux (SS, RDC, 1er) incluant des laboratoires et logements.	Organisation sur 4 niveaux (SS au 2ème) avec des espaces d'exposition et un "sky bridge" de 40m.	Organisation autour d'un patio central agissant comme noyau pour la lumière et la ventilation.
Fonctions principales	Aquarium d'eau douce, musée des rivières, espace d'exposition et salle de lecture.	Station d'expérimentation, 24 bassins, laboratoires et logements de fonction.	Musée océanographique, centre de recherche, salle VR et café.	Médiathèque, salle de spectacle (auditorium), studios artistiques et foyer.
Traitement des façades	Façades invisibles (assimilées au parc) sauf celles donnant sur la place centrale.	Façade principale en pierre avec fenêtres alignées ; étage en retrait avec terrasse.	Alternance de façades minérales et transparentes pour une immersion paysagère.	Contraste entre zones d'ombre (spectacle) et lumière filtrée ou directe (médiathèque via double peau).

PROGRAMME :

ESPACES	SOUS-ESPACES	Ratio	SURFACE (m²)	NB	S. TOTALE (m²)	NIVEAU	ORIENTATION	AÉRATION / VENTILATION / ÉCLAIRAGE	CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES
ACCUEIL PUBLIC	Hall principal	0,20 à 0,30 m² / visiteur	27	1	27	RDC	Ouest	Ventilation naturelle assistée + éclairage naturel filtré et LED homogènes	Double hauteur, comptoir d'accueil, contrôle d'accès, matériaux résistants à l'humidité
	Billetterie / information	1 à 1,5 m² / personne	16	1	16	RDC	/	Éclairage direct 500 lux + ventilation mécanique légère	Guichets sécurisés, écrans d'information, câblage numérique
	Poste police	8 à 12 m² / poste	10	1	10	RDC	/	Ventilation mécanique contrôlée + éclairage fonctionnel	Vidéosurveillance, casiers, contrôle sécurité
AQUARIUM – EXPOSITION	Aquariums d'exposition	1 à 2 m² / visiteur	70	2	140	RDC	Nord / aveugle	Éclairage artificiel contrôlé (bleu/blanc) ventilation	Bassins béton armé, vitrages épais(acrylique)
	Tunnel immersif	1,5 à 2 m² / visiteur	50	1	50	RDC	Nord	Éclairage scénographique immersif + traitement anti-humidité	Structure courbe en acrylique, sécurité
	Parcours d'exposition	1 à 1,5 m² / visiteur	75	2	140	RDC-IER	Est	Lumière naturelle	Parcours fluide, signalétique
	Bassins d'eau	Selon espèce et volume biologique	25	2	50	RDC	Nord	Éclairage artificiel contrôlé + renouvellement d'air	Bassins techniques avec filtration intégrée
	Aquarium centrale	1 à 2 m² / visiteur	16	1	16	RDC-2EME	Nord	Éclairage programmable + contrôle thermique	Verre acrylique épais, structure porteuse en voiles béton
CENTRE CULTUREL	Salles d'exposition maritime	1 à 2 m² / visiteur	100	1	90	2EME	Nord-Est	Lumière diffuse contrôlée + ventilation naturelle assistée	Cimaises modulables, panneaux interactifs
MÉDIATHÈQUE	Salle de projection	1 à 1,2 m² / personne	29,5	1	30	IER	Est	Éclairage indirect réglable + traitement acoustique	Isolation phonique, vidéoprojection
	Salle d'informatique	2 à 2,5 m² / poste	30	1	30	IER	Ouest	Ventilation mécanique + éclairage uniforme 300–500 lux	Réseau informatique, prises techniques
	Espace de lecture	2 à 3 m² / lecteur	36	1	36	IER	Ouest	Éclairage naturel maîtrisé + ventilation naturelle	Mobilier ergonomique, ambiance calme
	Espace de jeux	2 à 4 m² / utilisateur	25.50	1	25.50	IER	Ouest	Ventilation naturelle + éclairage dynamique	Espaces flexibles et ludiques
	Ateliers culturels	2 à 3 m² / personne	30–35	3	101	IER	Sud	Ventilation traversante + éclairage polyvalent	Espaces modulables coisons mobiles, équipements pédagogiques
ESPACE ÉVÉNEMENTIEL	Salle polyvalente	1 à 1,5 m² / personne	46	1	46	IER	Est	Éclairage modulable + ventilation mécanique	Équipements multimédias, acoustique adaptable

ADMINISTRATION	Bureaux(ouverts)	10 à 12 m ² / poste de travail	20	2	40	1ER	Est	Ventilation naturelle et mécanique mixte + éclairage 500 lux	Mobilier administratif, réseaux intégrés
TECHNIQUE AQUARIUM	Filtration & pompes	30 à 50 % de la surface des bassins	200-220	5	102	SOUS SOL	/	Ventilation mécanique	Pompes, filtres biologiques, systèmes hydrauliques lourds
	Réservoir	158m ³	40	1	40	SOUS SOL	/	Ventilation contrôlée + éclairage technique	Cuves de stockage et réseaux hydrauliques
	Laboratoires de la faune et la flore	4 à 6 m ² / chercheur	120-140	2	46	SOUS SOL	/	Ventilation contrôlée et extraction spécifique	Paillasse, équipements scientifiques
	Bac de quarantaine	Selon taille des espèces	23-31	2	34	SOUS SOL	/	Ventilation indépendante + éclairage contrôlé	Bassins isolés thermiquement et biologiquement
	Locaux de stockage	15 à 20 % des espaces techniques	20-22	2	42	SOUS SOL	/	Ventilation simple + éclairage technique	Rayonnages et stockage matériel
LOCAUX TECHNIQUES	Chaufferie	0,08 à 0,12 m ² / m ² SHON	16	1	16	RDC	Est	Extraction mécanique + ventilation réglementaire	Chaudières et équipements thermiques
	Bache à eau	128m ³ (16m ² .8m)	16	1	16	Sous-sol	/	Ventilation mécanique	Réservoir étanche, accès maintenance, pompes, système anti-fuite
	Post transformateur	Selon puissance installée	14	1	14	RDC	Est	Ventilation mécanique permanente	Équipements électriques
	Groupe électrogène	Selon puissance et ventilation	16	1	16	RDC	Est	Ventilation renforcée + extraction fumées	Groupe secours acoustiquement isolé
TOURISME & LOISIRS	Foyer-Café / Espace restauration	1,2 à 1,5 m ² / place	60	1	60	2EME	Sud-Ouest	Ventilation naturelle et extraction	Cuisine légère, espace convivial
	Cuisine	40 à 60 % de la salle restauration	30	1	30	2EME	Sud-Ouest	Extraction mécanique puissante	Équipements inox professionnels
	Boutique	2 à 3 m ² / client	50	1	50	RDC	/	Éclairage commercial accentué + climatisation légère	Rayonnages, vitrines d'exposition
	Terrasse publique	1,5 à 2,5 m ² / personne	120-180	4	480	1ER-2EME	Sud-Ouest	Ventilation naturelle / plein air	Mobilier urbain, pergolas
SANITAIRES	WC Femme	1 cabine / 20 femmes	12-15	5	75	RDC-1ER-2EME	/	Ventilation mécanique permanente + extraction	Équipements sanitaires
	WC Homme	1 cabine / 20 hommes	12-15	5	75	RDC-1ER-2EME	/	Ventilation mécanique permanente + extraction	Équipements sanitaires
CIRCULATIONS	Circulations horizontales	20 à 30 % de la surface totale	885	/	885	/	/	Éclairage continu de sécurité	Largeurs 1m
	Circulations verticales	8 à 12 % de la surface totale	190	/	180	/	/	Ventilation mécanique	Ascenseurs, escaliers
PARKING (des employés)	Technique	12,5 m ² / véhicule	12,5	11	137,5	SOUS SOL	/	Extraction mécanique	Signalisation, éclairage sécurité
	Stationnement	12,5 m ² / véhicule	12,5	5	62,5	RDC	Sud	Ventilation naturelle	Caméras de surveillance
Surface totale		2852m				Capacité d'accueil			866

4.2.6 Notre projet :

Le projet de l'aquarium et centre culturel de Mostaganem s'inscrit dans cette dynamique en proposant un équipement capable de :

- Renforcer l'attractivité touristique de la ville
- Diversifier l'offre au-delà du tourisme balnéaire
- Sensibiliser à la culture et à l'environnement marins
- Structurer le front de mer comme espace public majeur

Ce cadre théorique justifie le choix du programme et constitue une base essentielle pour l'analyse thématique et l'analyse du site.

Conclusion :

En somme, l'étude comparative et thématique de ces quatre exemples emblématiques a constitué le levier méthodologique indispensable à la définition de notre projet. En décortiquant les logiques spatiales, techniques et fonctionnelles de ces trois aquariums et de ce centre culturel, nous avons pu extraire les invariants et les synergies nécessaires à la création d'un équipement hybride cohérent.

Cette démarche de programmation architecturale permet au projet de doublement s'ancrer : d'une part, il s'inscrit dans une dynamique internationale en adoptant des standards de pointe en matière de scénographie, de recherche et de culture ; d'autre part, il répond à des besoins locaux spécifiques en offrant un espace public d'échange et d'attractivité.

Ainsi, loin d'être une simple juxtaposition de fonctions, le programme ainsi défini pose les fondations d'une architecture capable de faire cohabiter la science, la pédagogie et la culture au sein d'une entité unique et novatrice.

Chapitre 5 : Réponse Architecturale

Introduction :

L'aboutissement d'une recherche théorique et contextuelle trouve sa légitimité dans sa capacité à se matérialiser. Ce chapitre agit comme une transition fondamentale entre l'analyse contextuelle et la concrétisation du projet.

Ce processus se déploie ici à travers trois phases complémentaires :

- L'analyse fine du terrain ;
- La genèse du projet ;
- Les plans et principes directeurs : La traduction technique, spatiale et constructive du concept. Il s'agira de détailler l'organisation des flux et les principes d'enveloppe qui régissent le projet.

Analyse du terrain :

6.2.1 Situation :

Le terrain d'étude est situé dans le quartier de Salamandre, dans la commune de Mostaganem, en bordure directe du littoral méditerranéen.

Il s'inscrit dans un secteur stratégique de la ville, caractérisé par une forte

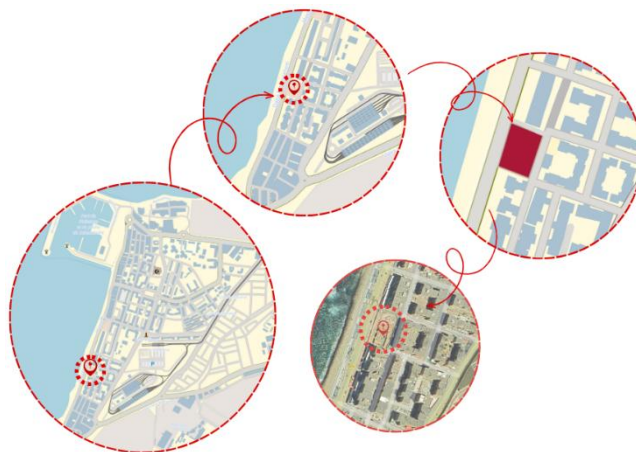


Figure 54 : Schéma de la situation du terrain (source : auteurs).

relation entre le tissu urbain et le front de mer.

6.2.2 Climatologie :

Le site est soumis à un climat méditerranéen typique, caractérisé par : des étés chauds et fortement ensoleillés, des hivers doux et une humidité relativement élevée due à la proximité de la mer.

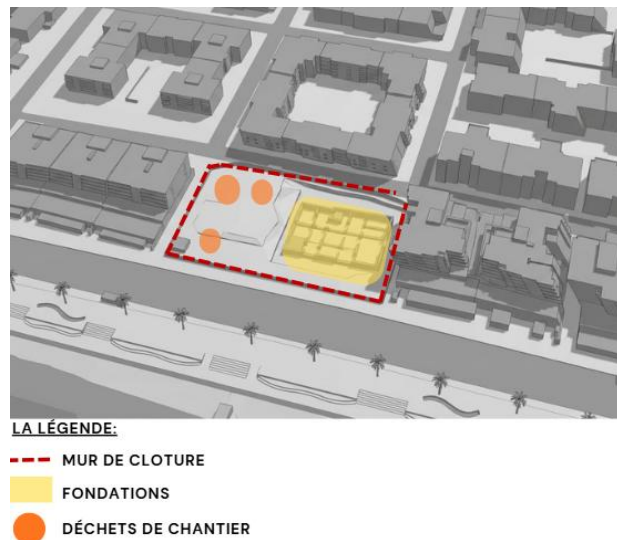
Les vents dominants marins jouent un rôle important : Ils favorisent la ventilation naturelle, Mais nécessitent une protection contre les rafales et la salinité.

Ces conditions climatiques imposent une réflexion architecturale axée sur : l'orientation du bâti, la protection solaire et le choix de matériaux résistants au milieu marin.

6.2.3 État de fait :

Le terrain comporte des éléments qui peuvent être témoins d'un vécu antérieur :

- Un mur de clôture ;
- Des fondations ;
- Des déchets de chantier.



6.2.4 Morphologie :

Le terrain présente une morphologie presque rectangulaire globalement plane, facilitant l'implantation du projet et la gestion des circulations.

Sa forme s'inscrit dans la continuité de la trame urbaine existante, avec des limites claires définies par les voies et les parcelles voisines.

Cette morphologie permet :

- Une organisation rationnelle des volumes,
- Une lisibilité claire des accès,
- Une bonne intégration dans le tissu urbain environnant.

La surface totale du terrain : **2690m²**

6.2.5 Topographie :

Le site présente une pente douce, comme le montrent les coupes E-E (pente :4%) et F-F (pente :3%). La



Figure 56 : Schéma de la forme et des mesures du terrain (source :PDAU 2023).

dénivelée est modérée, ce qui permet une implantation maîtrisée du projet, sans contraintes topographiques majeures, tout en offrant des possibilités d'organisation en niveaux.

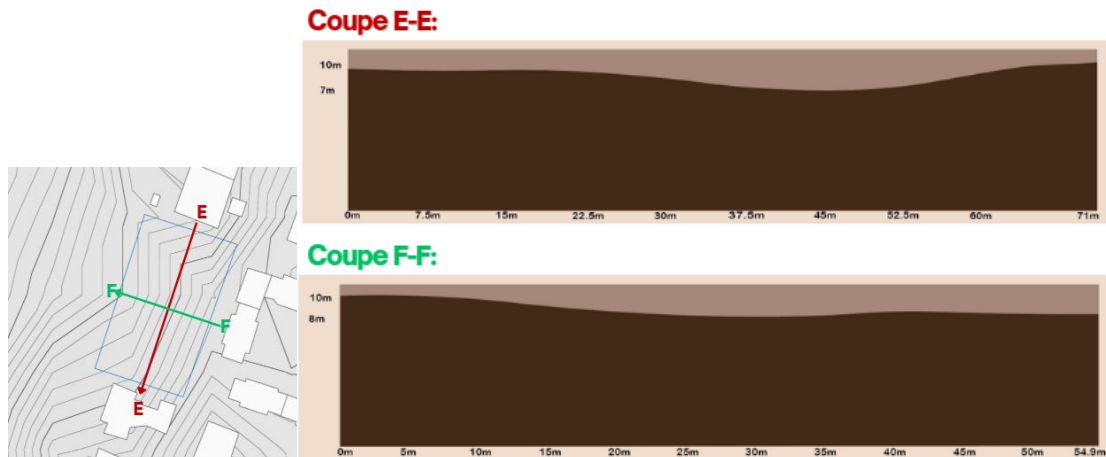


Figure 57 : Coupes topographiques du terrain (source : auteurs).

6.2.6 Voirie et réseaux divers

:

Le terrain est bien desservi par les différents réseaux d'alimentation et d'assainissement.

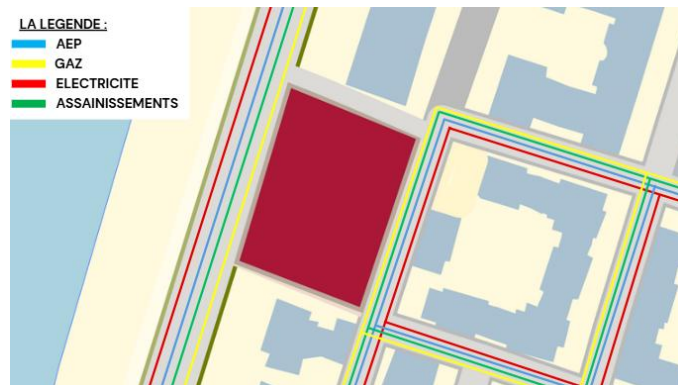


Figure 58 : Carte des voiries et réseaux divers du terrain (source : auteurs).

6.2.7 Analyse des nuisances :

Le terrain présente des nuisances sonores évidentes de part et d'autre (qui vont être diminués par l'instauration d'une promenade à mobilité douce), et des nuisances olfactives causées par le rejet des déchets (problème résout par les poubelles intelligentes).

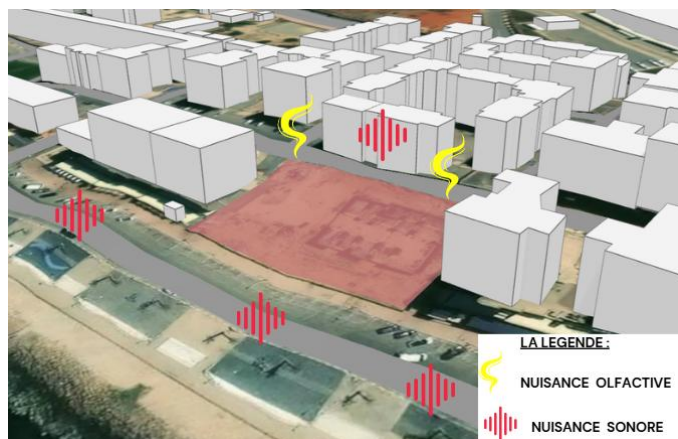


Figure 59 : Schéma des nuisances du terrain (source : auteurs).

6.2.8 Analyse des points de repères :



Figure 60 : Schéma des points de repères du terrain (source : auteurs).

Le terrain se trouve au milieu de logements collectifs avec commerces intégrés au RDC qui peuvent servir de repères. Pas loin, se trouvent des équipements de proximité et un dépôt de tramway. Le site ne présente pas de points de repères à intégrer dans la conception du nouveau projet.

6.2.9 Skyline :

On remarque depuis le terrain :

- Une ouverture forte vers l'ouest avec vues sur la mer ;
- Nord et Est partiellement masqués par le bâti ;
- Sud bien ensoleillé mais avec ombres portées ;

- Orientation favorable aux espaces publics côté ouest.

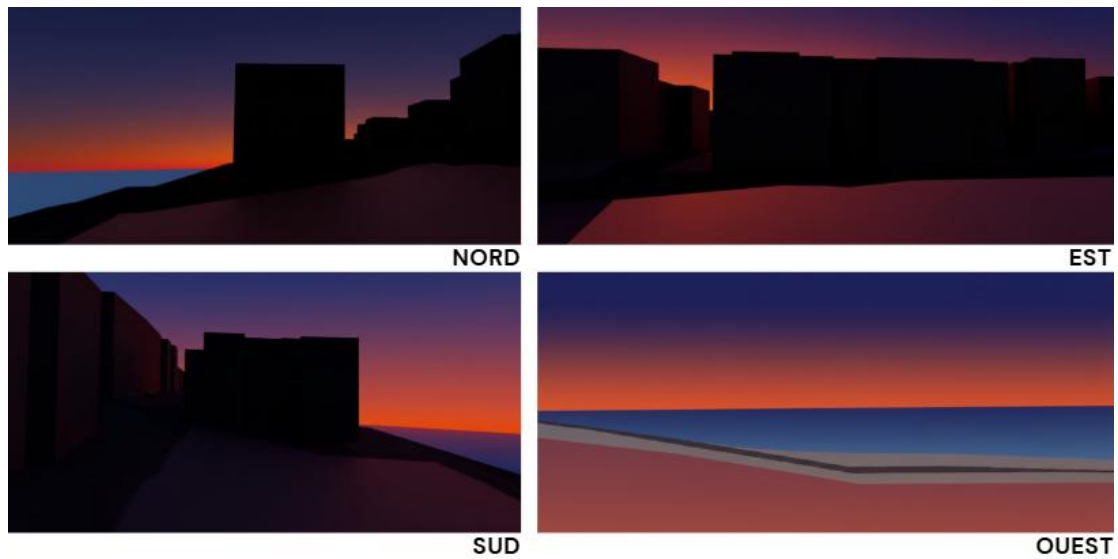


Figure 61 : Schéma des Skyline réalisés à partir de vues sur Autodesk form (source : auteurs).

6.2.10 Analyse du style environnant :

La position du terrain en façade urbaine, entouré de logements collectifs nous pousse à analyser ces derniers



Figure 62 : Image du Skyline du terrain amélioré par Nano Banana.

Tableau 7 : Tableau d'analyse du style architectural des logements environnants au terrain (source : auteur).

Critère	Analyse	Critère	Analyse
Typologie	Immeuble collectif mixte	Structure	Béton armé (poteaux-poutres)
Usage	RDC commercial + logements en étages	Matériaux	Enduit ocre/sable, métal, verre
Implantation	Façade urbaine continue sur axe routier	Relation au climat	Balcons et couleurs claires pour protection solaire
Gabarit	R+6	Sous-bassement (RDC)	Actif, vitré, animé
Volumétrie	Volumes simples, orthogonaux, juxtaposés	Relation urbaine	Continuité piétonne, façade commerciale
Composition	Façade plane rythmée	Style architectural	Contemporain
Ouvertures	Répétitives, fonctionnelles	Points forts	Fonctionnalité, mixité
Points faibles	Monotonie, faible identité architecturale	Balcons	Saillants et loggias

6.2.11 Analyse fonctionnelle :

Le site du projet s'insère dans un tissu urbain à dominance résidentielle, composé d'habitat collectif et individuel. Sa localisation en front de mer lui confère une forte valeur paysagère et une visibilité urbaine importante. La proximité de l'habitat collectif favorise l'implantation d'un équipement public attractif et accessible.



Figure 63 : Carte fonctionnelle du site (source : auteurs).

6.2.12 Analyse structurelle :



Figure 65 : Carte de la voirie du site (source : auteurs).



Figure 64 : Carte des flux du site (source : auteurs).

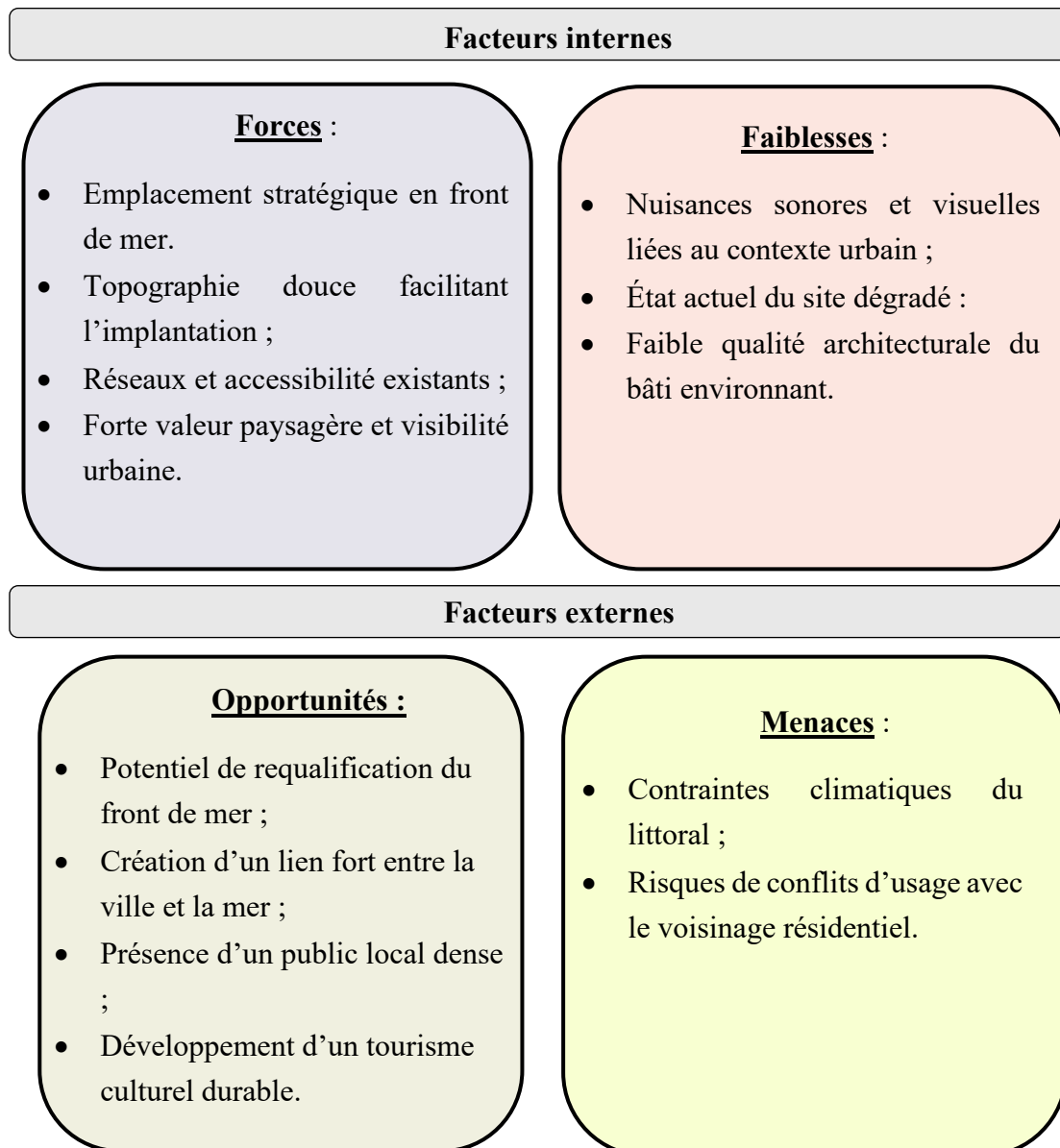
Le site est bien desservi par un réseau viaire hiérarchisé et des cheminements piétons. Les flux les plus importants se concentrent le long du front de mer. Le terrain est visible et facilement accessible.

Le site s'inscrit dans un tissu urbain dense, caractérisé par des gabarits compris entre RDC et R+10.



Figure 66 : Carte des gabarits du site (source : auteurs).

6.2.13 Analyse SWOT :



6.2.14 La synthèse de l'analyse du terrain :

Le zoning du terrain apparaît donc comme une synthèse de l'analyse du terrain, et illustre une implantation qui repose sur :

- **La gestion des flux mécaniques :** qui est isolée en limite de parcelle. Une zone de stationnement (au sud-est) ainsi qu'un accès au sous-sol et aux locaux techniques (au nord-est).
- **Polarité d'accueil et accessibilité :** L'accès principal est marqué par un volume aligné avec la rue qui agit comme une rotule entre le front de mer et le cœur du

projet. Il distribue les flux piétons de manière radiale vers les différents corps de bâtiment.

- **Composition du bâti** : trois volumes majeurs dominent la parcelle. Cette configuration permet une déambulation organique qui rappelle la fluidité marine.
- **Intégration paysagère** : Des espaces verts sont stratégiquement répartis en périphérie et entre les bâtiments.

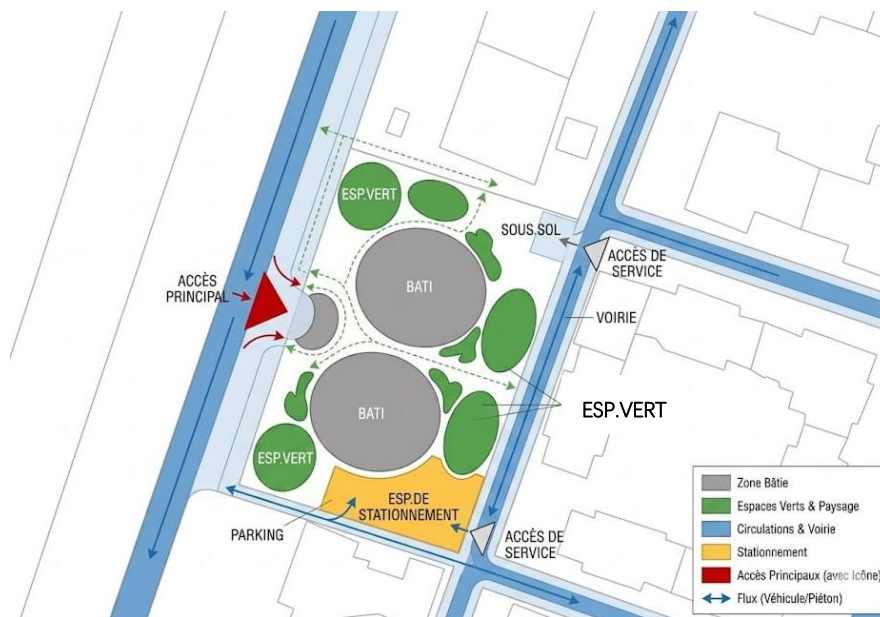


Figure 67 : Schéma du zoning (Source : auteurs).

La genèse du projet :

6.3.1 Les principes d'implantation :

La conception du projet s'articule autour de quatre principes fondamentaux :

- **Intégration urbaine** : en respectant un alignement sur la promenade littorale.
- **Axe de symétrie** : La composition d'ensemble est régie par un axe de symétrie transversal qui structure la distribution du bâti. Ce dispositif assure un équilibre visuel, tout en créant des passages couverts qui assurent la connexion entre les bâtis.

- **Adaptation**

- bioclimatique :**

Une réflexion est portée attention au confort thermique par le choix d'arrondir les coins des volumes. Cette stratégie morphologique vise à minimiser la prise au vent.

- **Fonctionnalité et**

accueil : L'entrée du complexe est marquée par un bloc « Accueil »

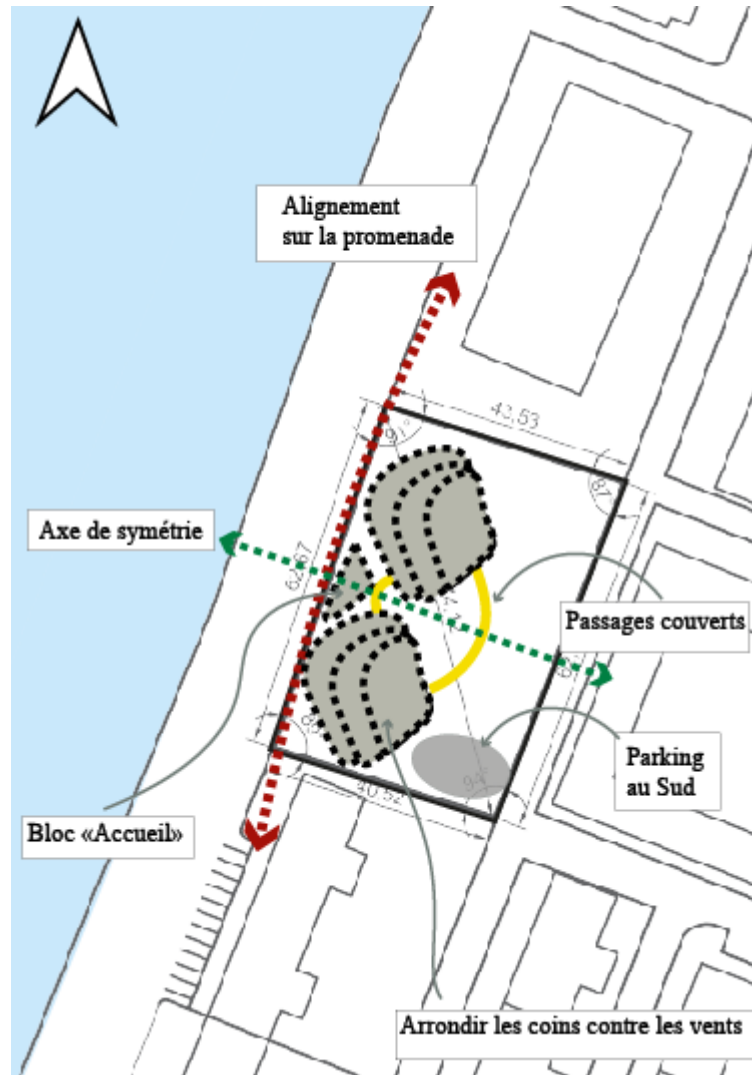


Figure 68 : Schéma de principes du projet (source : auteurs).

stratégiquement positionné en interface avec la promenade.

6.3.2 Evolution de la forme :

1. Phase d'implantation :

- Structuration du terrain : marquée par des lignes directrices qui définissent l'emplacement de trois volumes distincts.
- Étirer les formes latérales vers le bas pour mieux s'adapter à l'alignement urbain.
- Création d'une liaison entre les blocs.

2. Adoucissement et fluidité :

- Arrondir les angles pour un aspect plus organique (en référence aux formations rocheuses ou encore aux coquillages).
- Matérialisation de la liaison entre les blocs.

3. Hiérarchisation :

- Passage couvert sur pilotis qui permet de créer de la transparence et libérer l'espace.
- Échelonnement des niveaux et volumétrie en gradins : pour créer une hiérarchie des programmes et une optimisation de l'apport solaire et des vues.

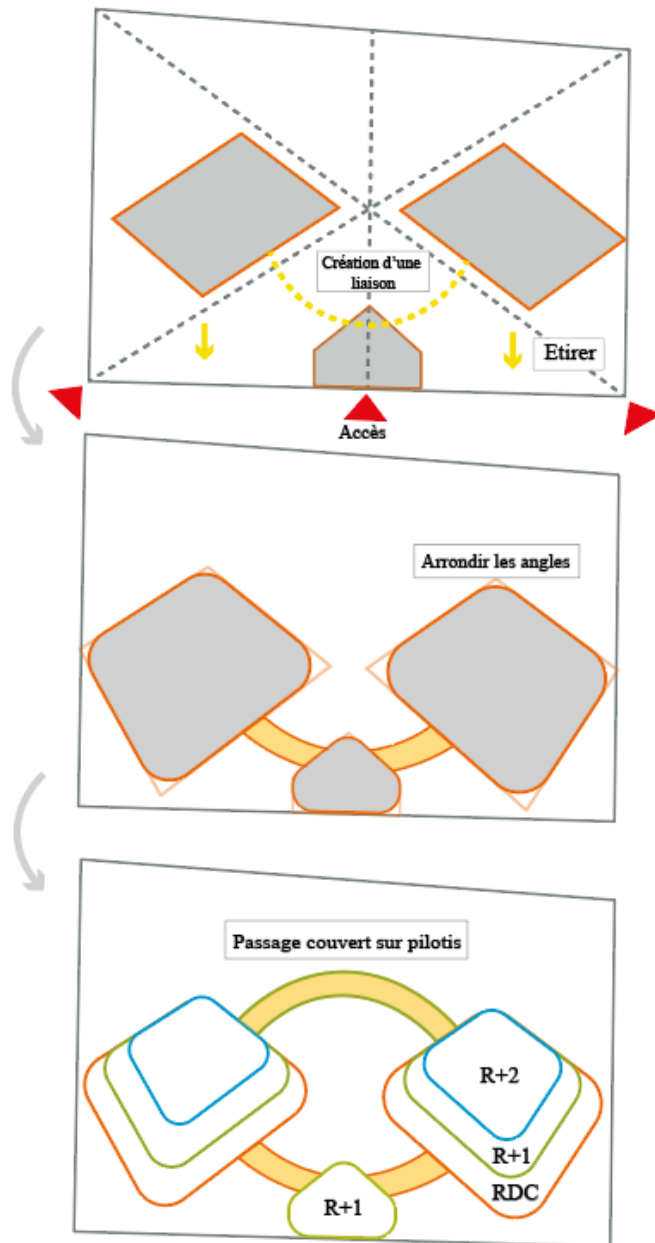


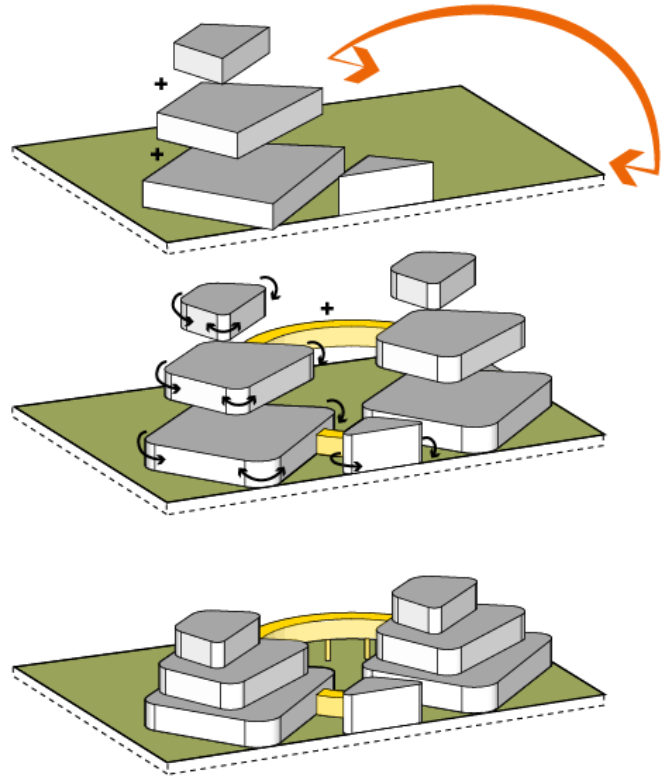
Figure 69 : Schéma d'évolution de la forme (source : auteurs).

6.3.3 Evolution du volume :

Ce processus se décompose en trois étapes fondamentales :

- Structuration : La phase initiale consiste en l'empilement de volumes simples qui diminuent de taille progressivement. L'organisation est régie par un axe de symétrie central qui est accentué par le bloc d'accueil triangulaire.

- Assouplissement géométrique : Dans un second temps, les angles droits sont retravaillés. L'introduction de courbures permet de briser la rigidité initiale pour aussi mieux rappeler la forme des formations rocheuses ou encore une forme de coquillage en référence au monde marin. Cette étape favorise la création de passages couverts (qui servent d'espaces d'exposition).



- Liaison entre les blocs : Cette étape est assurée par deux passages courbés. Le plus petit guide les flux au rez-de-chaussée. Cependant, le plus grand repose sur des pilotis et sert d'une promenade architecturale d'exposition entre les fonctions culturelles qui se trouvent au premier étage.

Figure 70 : Schéma d'évolution de la volumétrie (source : auteurs).

Des dispositifs de confort et de qualité spatiales sont intégrés, tels que les **puits de lumière** pour l'éclairage naturel et les **terrasses extérieures** offrant des espaces de transition entre l'intérieur et le paysage côtier.

Le projet architectural comme finalité :

6.5.1 Description du plan de masse :

Le projet est scindé en trois entités principales interconnectées, présentant une hiérarchie de hauteurs (allant de +4.42 à +15.26) :

- Les pôles "Aqua-culturel" : Situés au nord et au sud avec une forme en gradins qui suggère des toitures-terrasses accessibles.

- Le bloc administratif, situé à l'ouest qui fait aussi office de bloc d'accueil.
- Locaux techniques.
- Accès et circulations :

Le plan est constitué de trois accès piétons à l'ouest, dont un principal et deux secondaires. Les accès mécaniques se limitent à l'est du terrain, avec un accès au parking au sud-est et un accès de service dédié au sous-sol et aux locaux techniques situés au nord-est.

- Traitement paysager :

Le plan est marqué par la présence de l'eau dans des bassins qui entourent le bâti. Ou encore de la végétation alternée avec des surfaces minérales.

6.5.2 Description des niveaux :

6.5.2.1 Le sous-sol :

Ce niveau intègre les différents espaces techniques nécessaires au fonctionnement des aquariums (salles de machinerie et filtration, des bacs de quarantaine et un stock des aliments des espèces) auxquels s'ajoutent des laboratoires d'analyse de l'eau et les réservoirs d'eau salée. La circulation verticale est assurée par des escaliers d'accès au RDC, trois monte-charges (dont un est dédié au foyer) et un ascenseur. Le niveau intègre aussi six places de parking.

6.5.2.2 Le Rez-De-Chaussée :

Le niveau est caractérisé par trois blocs distincts avec une liaison fluide. L'accès principal se fait à l'ouest pour accéder à l'accueil qui sert de pivot et qui intègre une billetterie, un poste

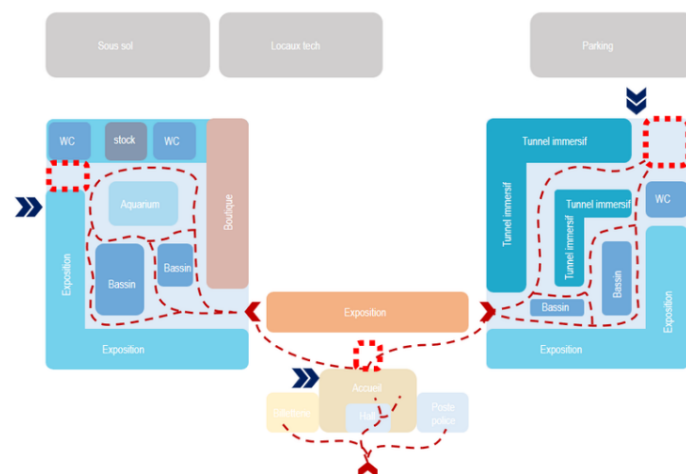


Figure 71 : organigramme du rez-de-chaussée (source : auteurs).

police et un escalier courbe imposant. Les deux blocs latéraux disposent des éléments identiques : aquariums et bassins. Cependant, le bloc nord intègre un aquarium central et un ascenseur qui montent jusqu'au dernier étage, et une boutique de souvenirs. Le bloc sud se distingue par un tunnel immersif. Les blocs intègrent chacun à leurs tour une cage d'escalier.

6.5.2.3 Le premier étage :

L'étage est caractérisé par une spécialisation des fonctions et un renforcement de la connectivité entre les volumes : une grande passerelle vitrée relie les

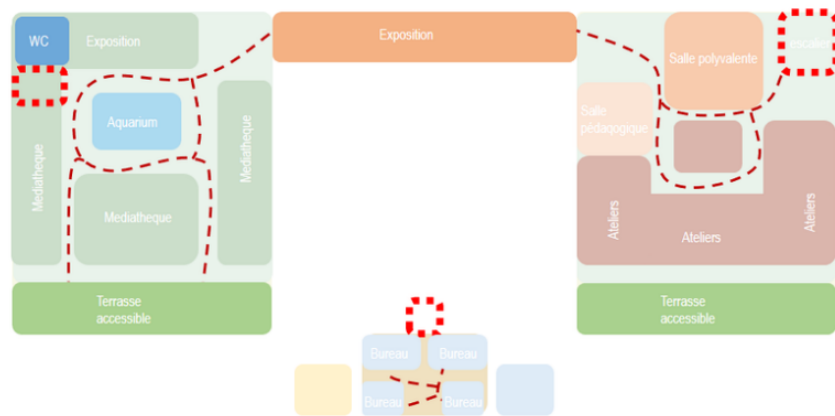


Figure 72 : organigramme du 1^{er} étage (source : auteurs).

deux pôles principaux. Le pôle nord est dédié aux activités culturelles (médiathèque) et intègre une salle de lecture, un espace de projection, une petite salle de jeux et une salle multimédias. Cependant, le pôle Sud est découpé en plusieurs ateliers d'apprentissage. Le bloc administratif accueille les bureaux de gestion de "Mosta Sea". Le retrait des façades par rapport au RDC libère des terrasses accessibles.

6.5.2.4 Le deuxième étage :

Il marque le sommet du projet avec une spécialisation claire des pôles : le pôle nord abrite toujours

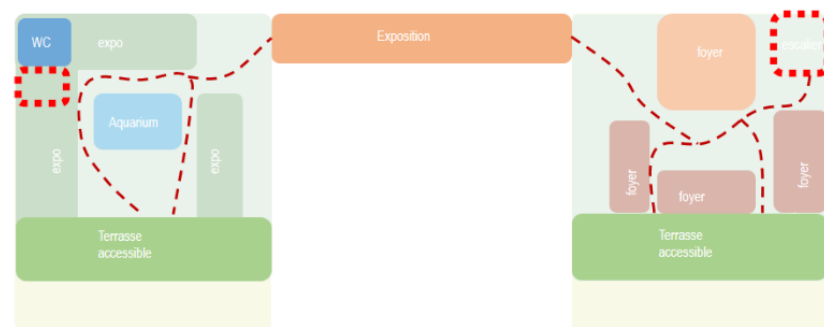


Figure 73 : organigramme du 2^{ème} étage (source : auteurs).

l'aquarium central auquel s'ajoute une galerie d'exposition. La liaison avec le pôle sud se fait à travers la couverture du passage couvert. Ce dernier devient un pôle de restauration comprenant une cuisine et un comptoir de service. Il s'ouvre sur une terrasse accessible équipée en plein air.

6.5.3 Description de l'enveloppe architecturale :

- Les matériaux utilisés et leurs symboliques :
 - Le blanc cassé : Utilisé comme teinte unificatrice adaptée au contexte marin.
 - La mosaïque d'entrée : véritable point focal qui fait référence aux mosaïques romaines.
 - Le garde-corps en "glass-wave" : Cet élément de détail souligne l'horizontalité du projet tout en renforçant l'identité marine.
 - Le bois et l'hygromorphisme : Innovation majeure du projet, cette paroi dynamique est capable de s'adapter aux variations d'humidité grâce aux caractéristiques intrinsèques du bois. En favorisant une ventilation naturelle et intelligente, elle permet au bâtiment de "respirer", améliorant ainsi sa performance énergétique globale.
- Autres éléments utilisés :
 - Le langage des façades repose sur l'utilisation des formes organiques qui évoquent le mouvement des vagues et les rochers côtiers. Le bâtiment fait rupture avec la rigidité urbaine environnante.
 - Les arcades au niveau du passage couvert, comme référence directe à l'architecture méditerranéenne.



Figure 74 : modélisation de l'enveloppe extérieure du bâtiment (source : auteurs).

6.5.4 Description des ambiances intérieures et séquences spatiales :

6.5.4.1 L'espace immersif :

- Dans les zones d'exposition et les tunnels sous-marins, l'ambiance est tamisée. La lumière provient majoritairement des bassins eux-mêmes, projetant des reflets bleuissant, mouvants et des ombres portées dynamiques sur des sols lisses.



Figure 75 : modélisation du tunnel immersif de MostaSea (source : auteurs).

- Fluidité spatiale : Les volumes intérieurs reprennent les courbes extérieures. Des cloisons vitrées monumentales dictent un parcours fluide et continu pour le visiteur.



Figure 76 : modélisation de l'espace « aquarium » de MostaSea (source : auteurs).

6.5.4.2 Les espaces publics, administratifs et d'accueil :

- Le hall de la billetterie, la boutique et les bureaux d'administration profitent d'une lumière naturelle généreuse et d'un faux-plafond modulaire blanc intégrant des lignes de lumière LED épurées. Les tons y sont plus neutres (murs blancs, touches de bleu institutionnel pour la signalétique).

6.5.4.3 Le pôle pédagogique, culturel et restauration :

- Les salles de cours, ateliers et espaces de réunion exploitent de larges baies vitrées toute hauteur offrant des vues sur la ville ou la mer. Le mobilier (chaises orange vif pour dynamiser les espaces de travail, tables modulaires) renforce l'aspect contemporain et académique.
- Le Hall d'Exposition et de Conférence : On y retrouve un grand puits de lumière, des assises organiques en cuir ou polymère incurvé, et des panneaux hygromorphes qui agissent comme des moucharabiehs qui filtrent subtilement la lumière du jour, créant une transition douce entre l'intérieur et l'extérieur.
- Le Restaurant : Situé en belvédère avec de larges poteaux en béton brut laissés apparents, cet espace



Figure 77 : modélisation de l'accueil de MostaSea (source : auteurs).



Figure 78 : modélisation de l'espace de lecture (source : auteurs).



Figure 79 : modélisation de la boutique de souvenirs (source : auteurs).

offre un cadre convivial, chaleureux et largement ouvert sur le paysage marin de Mostaganem.

Conclusion :

L'approche développée dans ce chapitre constitue le socle théorique et programmatique du projet et la genèse qui converge vers une architecture innovante.

Ces étapes ont permis d'identifier des enjeux clés : l'adaptation aux contraintes climatiques littorales via des façades hygromorphes, la requalification urbaine par des espaces immersifs, et l'intégration du patrimoine maritime dans un équipement culturel. Ainsi, elle forge une proposition, ancrée dans le Genius loci de Mostaganem et projetée vers un urbanisme résilient face aux défis climatiques méditerranéens.

Chapitre 6 : Approche Technique

1. Introduction :

Cette fondation ouvre désormais la voie à l'exploration technique dans les chapitres ultérieurs, où la matérialité et la faisabilité opérationnelle affineront cette vision projective.

2. Le gros-œuvre :

6.2.1 L'infrastructure :

- Le choix du type de fondations dépend de la nature et la capacité portante du sol, de la profondeur du bon sol, du résultat de calcul de la descente des charges, de la présence de nappes phréatiques ou d'eaux agressives mais aussi des contraintes environnementales et de budget.
- Les types de fondations :
 - Fondations superficielles :

Si le bon sol se trouve à moins de 3 mètres de profondeur :

- Semelles filantes (continues sous murs porteurs) ou isolées (sous poteaux) : efficaces et plus économiques si le sol est homogène sous chaque poteau/voile de la structure.
- Radier général : Le bâtiment repose sur une épaisse dalle en béton armé. C'est le choix idéal pour un aquarium, car il permet de bien répartir les charges lourdes des bassins tout en garantissant une parfaite étanchéité contre les remontées d'eau.
- Fondations semi-profondes : Si le bon sol se trouve à 3-6 mètres de la surface :
 - Puits en béton : Qui sont coulés directement sur les cylindriques creusés au sol (couche stable).
- Fondations profondes : Si le terrain est meuble sur une grande épaisseur :
 - Pieux forés : Ø80-150 cm, 15-40 m (béton coulé sous boue). Rapidité d'exécution avec une capacité 200-500 t/pieu.

- Puits tubés : Ø1,2-2 m creusés manuellement avec un coffrage récupérable. Utilisés dans le cas de grandes charges ponctuelles.
- Micropieux : Ø20-40 cm, pour ouvrages légers ou consolidation.

Cependant, le choix des fondations se fera **en fonction du rapport de l'étude du sol**.

- Des murs voiles : périphériques sont utilisés au niveau du sous-sol. Ils servent de contreventement (reprennent 70% des efforts sismiques et du vent) et résistent aux poussées de terre. (Barthes, J.-P., & Lefebvre, J., 2007)

6.2.2 La superstructure :

La structure principale hors sous-sol adopte un système poteaux-poutres-dalles pleines en béton haute performance BHP XS3, optimisé pour supporter les charges des bassins de l'aquarium. Les poteaux carrés 40x40 cm espacés 6 m maximum transmettent les charges permanentes et les charges sismiques. Les poutres principales atteignent une retombée maximale de 60 cm et soutiennent les dalles pleines de 20 cm d'épaisseur, coulées sur place. Des murs voiles de 20 cm d'épaisseur sont ajoutés pour mieux soutenir la structure dans les parties les plus critiques.

Vu le contexte environnemental du projet, le recours aux **Bétons à Hautes Performances (BHP)** est apparu comme une solution pertinente face aux agressions mécaniques, chimiques et climatiques, notamment l'action des vagues, des embruns et des chlorures présents dans l'eau de mer.

1. Intérêt des BHP :

Une résistance à la compression supérieure à 50 MPa à 28 jours, une porosité très réduite et une faible perméabilité. Ils ont aussi un module d'élasticité supérieur à celui des bétons traditionnels, un fluage plus faible, une très faible perméabilité et une meilleure résistance à la pénétration des agents agressifs, notamment les chlorures, les eaux marines, les sulfates, le dioxyde de carbone et les cycles gel-dégel. Leur durabilité vis-à-vis de la carbonatation est également supérieure. (Aïtcin P.-C., 1998)

2. Avantages en milieu marin :

Les BHP offrent une meilleure résistance à la migration des ions chlorure, ce qui réduit les risques de corrosion des armatures. Leur faible perméabilité améliore aussi leur tenue face aux eaux de mer, aux sels dissous et au dioxyde de carbone.

3. Mise en œuvre :

La performance des BHP dépend aussi d'une formulation adaptée, avec un faible rapport eau/liant (équivalent inférieur à 0,4), un béton compact, une bonne vibration et une cure soignée. Ces précautions sont indispensables pour garantir une durabilité élevée dans un environnement marin.

4. Composition du BHP :

Les constituants utilisés doivent être soigneusement sélectionnés, avec des ciments conformes aux normes en vigueur, des granulats adaptés, des additions minérales comme les cendres, laitiers de haut fourneau, fillers ou fumées de silice, ainsi que des adjuvants plastifiants ou superplastifiants. La fumée de silice est particulièrement intéressante car elle est constituée de particules amorphes très fines, ce qui contribue à densifier la microstructure du béton.

6.2.3 Le second œuvre :

6.2.3.1 Faux plafond :

- **Plafond en PVC :** pour les zones d'exposition, l'objectif est la protection absolue contre la vapeur d'eau et l'immersion totale. C'est pour cela qu'il faudra opter pour une version micro-perforée pour améliorer le confort acoustique des grandes halles.
- **Plafond en aluminium :** pour les locaux techniques, avec comme priorité la résistance à la corrosion saline et l'accessibilité aux réseaux. De plus, il est résistant au feu et incombustible.
- **Plafond en plâtre hydrofuge** (BA13 H1) : il est placé en zones sèches, dans des ossatures traitées contre la corrosion (en raison de la proximité avec la mer). (CSTB, 2010) (Saint-Gobain, 2015)

6.2.4 Détails spécifiques aux aquariums :

6.2.4.1 Vitrage :

3. Notions sur le PPMA :

Le polyméthacrylate de méthyle, plus couramment nommé comme le verre acrylique, est un polymère thermoplastique hautement transparent. Il s'impose comme une alternative technique au verre minéral, pour la réalisation des formes complexes des aquariums et des structures immersives. (Graff, R., 2012)



Figure 80 : verre acrylique (source : google).

4. Avantages Structurels :

- **Qualités optiques :** Il offre une clarté exceptionnelle (avec une transmission lumineuse de 92 %) ce qui minimise donc les phénomènes de distorsion optique et de réflexion.
- **Résistance à la pression hydrostatique :** Il possède une résistance aux chocs environ 17 fois supérieure à celle du verre minéral, ce qui offre une marge de sécurité importante face aux charges de l'eau des bassins.
- **Thermoformage et soudage :** Le matériau permet de réaliser des formes complexes, par étuvage. Mais aussi de les assembler par soudure chimique avec des joints pratiquement invisibles, dont la résistance est équivalente au matériau d'origine. (Mitsubishi Chemical Group, 2020)

5. Inconvénients :

Le verre acrylique présente une surface moins dure au verre minéral, ce qui le rends plus vulnérable aux micro-rayures. La maintenance du matériau peut se faire par polissage in situ et même sous l'eau.

6. Calcul :

L'épaisseur varie entre 100 à 300 mm, et se calcule en fonction de la **pression hydrostatique** avec la formule : $P = \rho gh$, où :

- P = pression (Pa)
- ρ = densité de l'eau ($\approx 1000 \text{ kg/m}^3$)
- g = gravité ($\approx 9,8 \text{ m/s}^2$)
- h = hauteur de la colonne d'eau (m)

Un **facteur de sécurité de 3 à 4** est ensuite appliqué pour déterminer l'épaisseur finale. (ArchDaily, 2019)

6.2.4.2 Éclairage :

Les lampes installées au-dessus des bassins jouent un rôle essentiel dans le maintien des écosystèmes aquatiques. Elles assurent l'apport lumineux indispensable à la photosynthèse des plantes aquatiques, garantissant ainsi leur croissance et l'équilibre biologique du milieu. Traditionnellement, l'éclairage le plus utilisé est le système HQI (Halogénures Métalliques), reconnu pour

sa forte intensité lumineuse et sa capacité à reproduire une lumière proche du spectre naturel. Cependant, les avancées technologiques ont permis l'émergence de solutions plus performantes, notamment **les lampes LED**, qui offrent une meilleure efficacité énergétique, une durée de vie prolongée et une grande flexibilité dans le contrôle des ambiances lumineuses (variation d'intensité, simulation jour/nuit et mise en valeur scénographique). (Ferrari, A., 2018), (ArchDaily, 2019)



Figure 81 : Lampe LED pour aquarium (source : google).

6.2.4.3 Locaux techniques :

1. Organisation des locaux :

- **Chambre d'arrivée :** L'eau des bassins arrive en gravitaire et alimente directement l'écumeur de protéines pour extraire les matières organiques.
- **Chambre de filtration mécanique :** Filtre rapide qui retient les particules en suspension.
- **Chambre de filtration biologique / chimique :** Support à bactéries (bio-boules, céramique, sable vivant) qui assure la nitrification.
- **Chambre de collecte / pompe de retour :** Eau traitée stockée avant d'être d'alimenter les bassins par pompe de circulation.
- **Éventuelle chambre de compensation d'évaporation :** Ajout d'eau douce (osmosée) pour remplacer l'eau évaporée, sans augmenter la salinité.

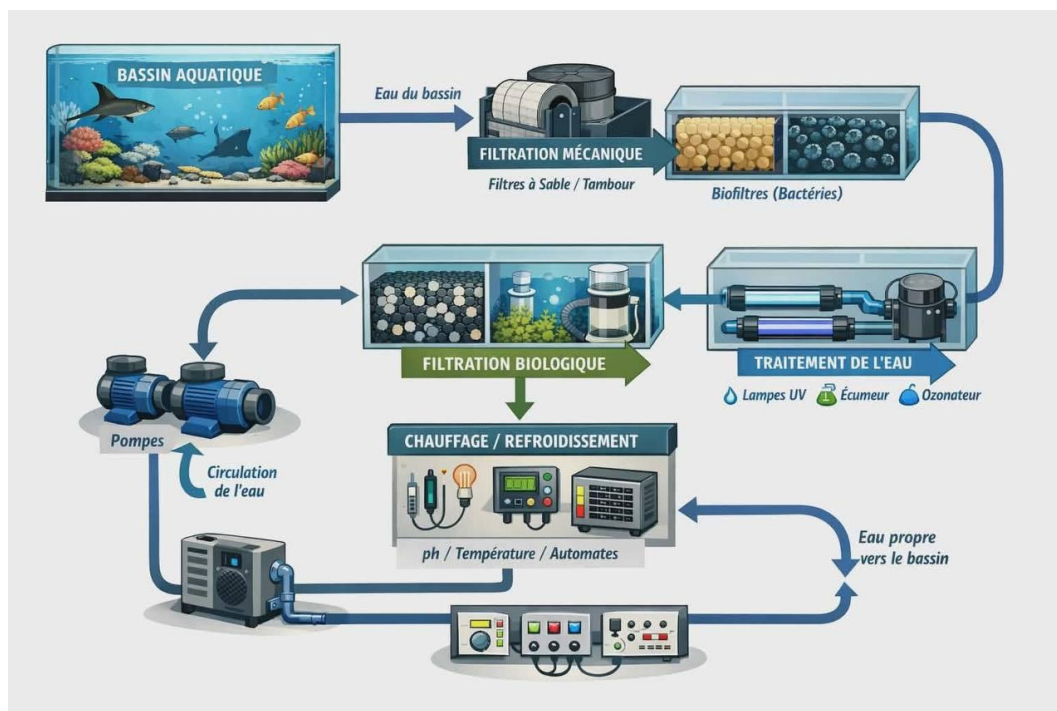


Figure 82 : Cycle de vie de l'eau des aquariums (source : google).

2. Machines principales d'un local technique :

- **Écumeur de protéines (skimmer) :**

C'est un filtre chimique et organique qui limite radicalement nitrates et phosphates, il produit une grande quantité de micro-bulles en mélangeant air et eau de mer auxquelles collent les protéines, graisses et organiques qui sont évacuées sous forme de mousse.

- **Filtres mécaniques :**

Qui sont principalement des éponges, filtres sac, filtres à sable qui retiennent les débris solides afin de protéger les pompes et améliorer la clarté de l'eau.

- **Filtres biologiques :**

Milieux poreux (boules, céramique, sable) colonisés par bactéries nitrifiantes (transformation en nitrates beaucoup moins toxiques).

- **Pompes de circulation et de brassage :**

- Pompe de retour : renvoie l'eau filtrée du local technique aux bassins.
- Pompe de brassage : créent un courant dans les bassins pour oxygéner l'eau, éviter les zones mortes, simuler la houle.

- **Chauffage / refroidissement :**

Chauffages immergés pour maintenir une température stable et éventuellement refroidisseurs pour les périodes chaudes.

- **Système d'osmose inverse (si l'eau de mer est complétée)**

Bien que l'eau soit prélevée dans la mer, on utilise souvent un osmoseur pour obtenir une eau douce ultra pure, qui sert à compenser l'évaporation et à préparer du sel artificiel si l'eau de mer est trop variable du point de vue chimique.

- **Ozone et UV (pour les grands aquariums) :**

Ozone : améliore l'efficacité de l'écumeur, mais risque toxique.

Stérilisation UV : lampe à ultraviolets qui détruit bactéries, virus et parasites qui passent dans le circuit.

3. Précautions pour l'extraction de l'eau de mer :

- Pompe d'aspiration en mer agréementée d'une tuyauterie résistante à la corrosion (PVC).
- Système de préfiltration brute (grilles, filtres grossiers) pour éviter branchages, sable grossier et déchets.
- Système de contrôle qualité : sondes de pH, température, salinité, oxygène, nitrates, qui déclenchent soit : un bypass (mélange avec eau stockée), ou l'arrêt de l'alimentation si l'eau est hors normes. (Working Group on Aquarium Technology, 2015), (Graff, R., 2012)

6.2.4.4 Entretien :

Le nettoyage constitue une étape essentielle dans la maintenance d'un aquarium, permettant de préserver la qualité de l'eau et d'assurer la bonne santé des poissons. Un entretien insuffisant peut entraîner une dégradation du milieu aquatique, rendant l'eau toxique, favorisant la prolifération des algues et des déchets, et compromettant ainsi l'équilibre biologique de l'aquarium.

- **Le grattage des vitres :**

Le nettoyage des vitres a pour objectif principal d'éliminer les dépôts d'algues présents sur les parois de l'aquarium. Cette opération permet de maintenir la transparence des bassins et d'assurer une bonne visibilité des espèces.

Pour ce faire, différents outils peuvent être utilisés : une éponge spéciale adaptée aux surfaces aquatiques, une raclette de nettoyage et un aimant de nettoyage.

- **Les outils de maintenance :**

- L'aspirateur de fond : il permet d'éliminer les impuretés et déchets accumulés au fond de l'aquarium sans nécessiter un vidage complet de l'eau.
- L'épuisette : outil indispensable pour la manipulation des poissons, notamment pour les transférer ou retirer certains déchets volumineux présents dans le bassin. (Bendris H., Ghandour S., 2016) (Bezzou Y., 2022)

Tableau 8 : Opérations d'entretien d'un aquarium (source : google)

Fréquence	Opérations d'entretien
Chaque jour	○ Vérifier l'aspect et le comportement des poissons (santé, activité, alimentation) ; ○ Contrôler la température de l'eau ; ○ Vérifier le bon fonctionnement du filtre, des pompes et des équipements techniques.
Chaque semaine	○ Nettoyer les parois internes (raclette ou aimant de nettoyage) ; ○ Aspirer le fond de l'aquarium pour éliminer les déchets organiques ; ○ Tester les paramètres de l'eau (pH, nitrates, salinité, etc.) ; ○ Nettoyer les plantes aquatiques manuellement (élimination des algues) ; ○ Siphonner le sol à l'aide d'une cloche transparente.
Tous les 15 jours	○ Renouveler environ 10 % de l'eau de l'aquarium Ou 25 % si l'entretien hebdomadaire a été sauté ; ○ Réaliser le renouvellement par siphonnage ; ○ Ajuster la nouvelle eau (température, pH, salinité) avant introduction.
Chaque mois	○ Vérifier le filtre et le système de circulation d'eau ; ○ Nettoyer la pompe à eau et son rotor ; ○ Nettoyer les vitres extérieures de l'aquarium ; ○ Nettoyer les réflecteurs et dispositifs d'éclairage.

6.2.4.5 La quarantaine :

L'équipement possède des salles de quarantaine dans lesquelles tous les nouveaux arrivants sont mis à l'écart. Cette démarche permet d'éliminer le stress du transport et de détecter d'éventuelles maladies ou parasites que ces poissons. Tous les poissons qui arrivent à bord de l'aquarium passent d'abord à une période d'observation dans une salle de quarantaine.

6.2.4.6 Choix des espèces exposées :

Tableau 9 : espèces exposées dans les aquariums (source : google)

Espace (plan)	Type de bassin	Espèce	Eau	Conditions (T°)	Volume conseillé
Zone d'exposition Nord	Aquariums d'exposition	Dorade royale	Salée	18–24°C	5–10 m ³
		Loup (bar)	Salée	15–22°C	5–10 m ³
		Girelle	Salée	18–24°C	2–5 m ³

		Serran	Salée	18–24°C	2–5 m ³
		Sar commun	Salée	18–24°C	5–10 m ³
		Saupe	Salée	18–24°C	5–10 m ³
		Oblade	Salée	18–24°C	5–10 m ³
		Castagnole	Salée	18–24°C	3–6 m ³
Zone centrale	Petits aquariums	Hippocampe	Salée	18–22°C	0.5–1 m ³
		Étoile de mer	Salée	18–22°C	1–2 m ³
Tunnel immersif	Grand bassin traversant	Barracuda	Salée	20–24°C	20–40 m ³
		Raie	Salée	18–22°C	15–30 m ³
		Mérou brun	Salée	18–22°C	15–30 m ³
Zone d'exposition Sud	Aquariums thématiques	Poulpe	Salée	16–22°C	1–3 m ³
		Oursin	Salée	18–22°C	1–2 m ³
		Murène	Salée	18–24°C	5–10 m ³
		Rascasse	Salée	18–22°C	3–6 m ³
		Saint-Pierre	Salée	18–22°C	5–10 m ³
		Apogon	Salée	18–22°C	2–4 m ³
		Blennie	Salée	18–24°C	1–3 m ³
		Gobie	Salée	18–24°C	1–3 m ³
Bassins intégrés (Nord & Sud)	Bassin moyen	Dorade / Bar	Salée	18–24°C	5–10 m ³

6.2.4.7 Détail de fixation verre et sol :

- Un profilé d'encastrement en acier inoxydable est solidement fixé dans la feuillure de la dalle béton. Il crée une gorge dans laquelle vient s'insérer le bas du vitrage.
- Le système de serrage mécanique : Situé dans l'axe de la paroi, un système de calage, de goujon d'ancrage et de platine de serrage permet de bloquer mécaniquement le vitrage en pied. Cela l'empêche de basculer ou de glisser sous l'effet de la pression de l'eau.
- Des joints résilients en élastomère encadrent le vitrage à sa base. Ils amortissent les micro-mouvements de la paroi et évitent le contact direct "verre-métal", qui briserait le matériau.
- Un Joint silicone structural pour vitrage aquatique est appliqué du côté bassin, il assure la première barrière étanche continue, empêchant l'eau de pénétrer dans le mécanisme de fixation.
- Finition : du côté bassin, le profilé intègre un retour arrondi qui adoucit l'angle. Cependant, le côté visiteur intègre un profilé de finition qui affleure le niveau du sol fini de la galerie d'exposition.

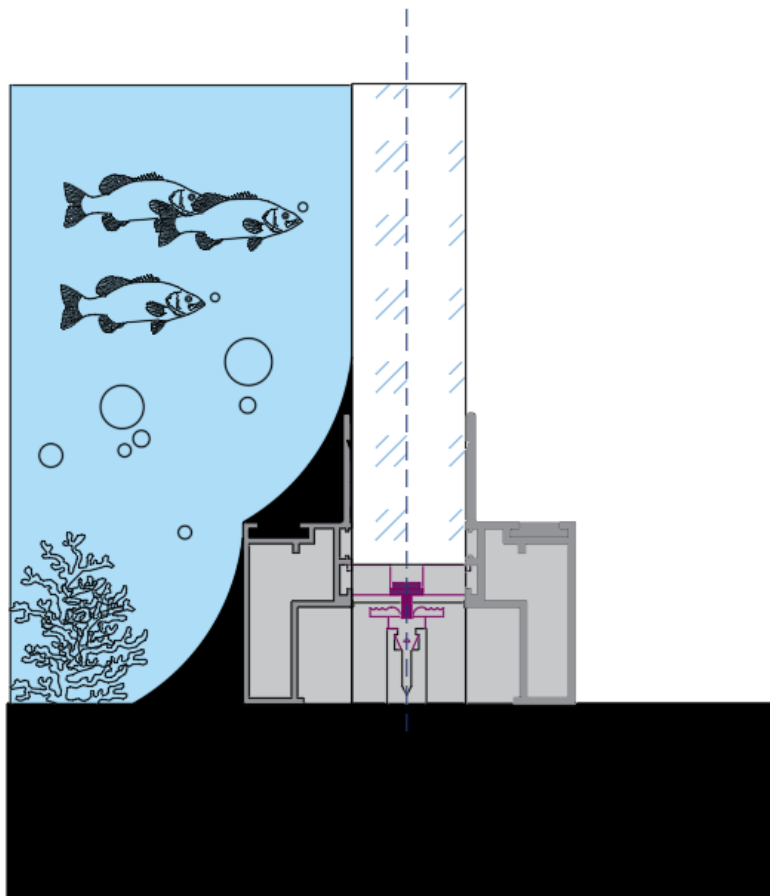


Figure 83 : détail de fixation du vitrage des aquariums (source : auteurs).

6.2.5 Détails spécifiques aux laboratoires d'analyse :

Les laboratoires d'analyse remplissent un double rôle dans le projet : contrôle quotidien des paramètres de l'eau provenant des différents bassins via le système de prélèvement, et le contrôle sanitaire de l'eau

- Finitions :
 - **Parois verticales** : Cloisons en maçonnerie avec revêtement en carrelage toute hauteur.
 - **Revêtement de sol** : Résine époxy.
 - **Faux plafond** : dalles de plâtre spécial laboratoires.
- Fluides :
 - **Approvisionnement en eau** : eau potable pour les besoins sanitaires, eau osmosée (pure) pour la préparation des réactifs et le rinçage du matériel de précision.
 - **Évacuations** : réseau séparatif avec bac de neutralisation des eaux usées chimiques avant rejet au réseau général.
- Chauffage, Ventilation et Climatisation (CVC) :
 - **Taux de renouvellement d'air** : 10 à 15 volumes par heure pour garantir l'évacuation des vapeurs chimiques et l'humidité.
 - **Filtration** : filtration de l'air entrant et extraction via des conduits résistants aux produits corrosifs (PVC).
 - **Hotte** : équipement indispensable pour les manipulations sensibles, avec rejet direct vers l'extérieur.
- Sécurité :
 - **Paillasse** : Plans de travail en grès étiré résistants aux acides et à la chaleur.

- **Lave-œil** : Obligatoires à moins de 10 mètres de tout poste de manipulation à risque.
- **Stockage** : Armoires ventilées pour les produits inflammables ou acides, conformes aux normes de sécurité incendie.
- **Sécurité électrique** : Prises de courant étanches protégées par des disjoncteurs différentiels. (OSHA, 2020)

6.2.6 Détails sur la façade :

6.2.6.1 La mosaïque :

Le revêtement est constitué de carreaux de céramique dits en “**écailles de poisson**”. L'utilisation de ces derniers permet de jouer avec la réflexion de la lumière naturelle. La surface change d'aspect, passant d'un bleu profond à des reflets argentés. Ce choix impose :

- Une pose ascendante : Les éléments sont posés de bas en haut, par chevauchement visuel, pour garantir une évacuation naturelle des eaux de ruissellement.
- Le dispositif est appliqué sur un enduit hydrofuge. L'étanchéité à la jonction entre le revêtement décoratif et les panneaux hygromorphes est assurée par un profilé de finition. (Herzog, T. et al, 2004)

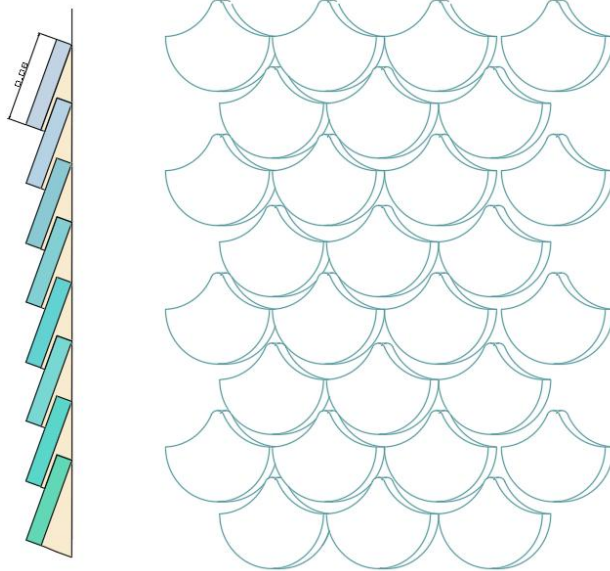


Figure 84 : détail de fixation de la mosaïque en façade (source : auteurs).

6.2.6.2 Les panneaux en fibrociment :

Pour les parties pleines de la façade, notre choix s'est dirigé vers des panneaux de fibrociment qui sont fixés sur les murs-rideaux grâce à un système de railles en aluminium. Le matériau offre un rendu épuré et des parties de façade minérale, et notamment une intimité par rapport aux activités derrière. (Eternit, 2018)

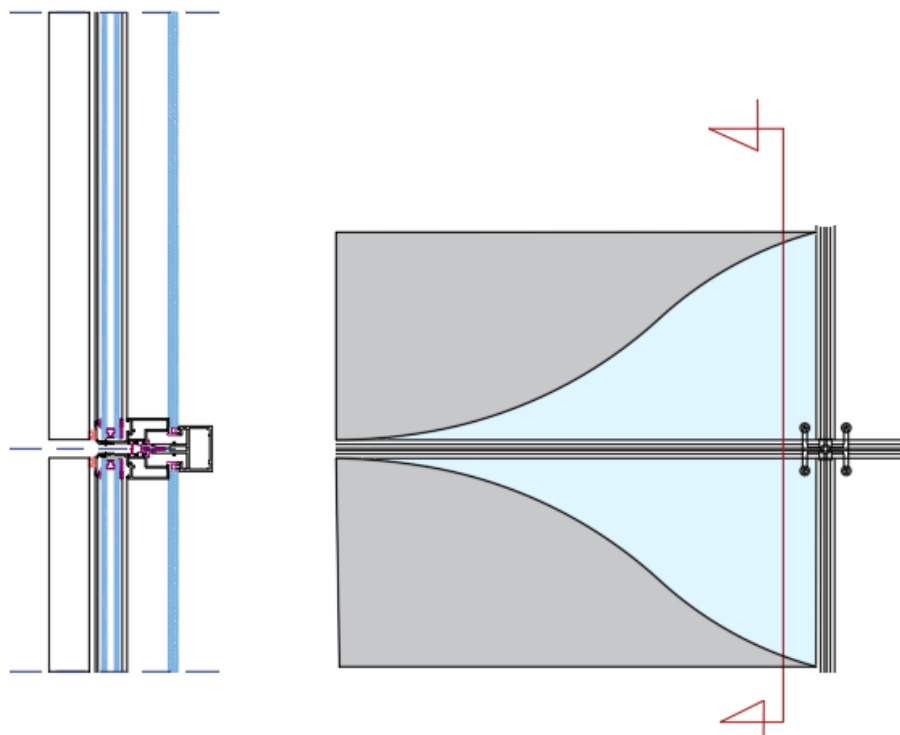


Figure 85 : détail de fixation des panneaux en fibrociment en façade (source : auteurs).

6.2.7 Les Corps d'État Secondaires (C.E.S) du projet :

6.2.7.1 Électricité :

L'installation électrique garantit le fonctionnement des équipements, l'éclairage des espaces et la sécurité des visiteurs ainsi que la mise en valeur architecturale des espaces.

Le système électrique a été conçu de manière à répondre aux besoins spécifiques d'un équipement aquatique, caractérisé par une forte humidité, une consommation énergétique importante et la présence d'équipements sensibles.

L'alimentation générale du projet est assurée à partir d'un tableau général basse tension (TGBT), relié aux différents coffrets de distribution implantés dans les zones techniques et les espaces publics.

Le réseau permet d'alimenter :

- L'éclairage intérieur et extérieur ;
- Les systèmes de filtration et pompage des bassins ;
- Les équipements de traitement d'eau ;
- Les systèmes de ventilation et climatisation (CVC) ;
- Les dispositifs de sécurité incendie ;
- Les équipements multimédias et scénographiques.

Le choix des matériels privilégie la durabilité et la sécurité : luminaires LED étanches, spots encastrés et appliques adaptés aux ambiances humides. Les câbles sont acheminés dans les faux plafonds et gaines techniques pour protéger les installations et faciliter l'entretien.

La sécurité est assurée par des dispositifs différentiels, une mise à la terre soignée et des équipements étanches (IP65/IP67) dans les zones exposées à l'eau. Sur le plan énergétique, le projet favorise des équipements basse consommation pour réduire les consommations et les besoins de maintenance.

6.2.7.2 Chauffage et climatisation :

Le système est conçu pour garantir le confort des visiteurs et assurer le bon fonctionnement des locaux techniques. Une unité centrale, implantée en toiture, alimente l'ensemble des zones via un réseau de gaines intégré aux faux plafonds.

Le dispositif comprend :

- Des diffuseurs pour la distribution de l'air chaud et refroidi ;
- Des grilles d'extraction pour assurer le renouvellement d'air ;
- Des unités secondaires reliées à l'unité centrale pour une gestion zonée.

Cette installation stabilise les températures, contrôle l'humidité dans les espaces en contact avec les bassins et prévient les risques de condensation. Le recours à des équipements performants et économes optimise aussi la consommation énergétique du bâtiment.

6.2.7.3 Alimentation en eau :

- **Eau potable** : Le projet constitue une b che à eau de 128 m³ pour l'alimentation en eau potable des différents espaces, située sous les locaux techniques. Les conduits d'eau chaude et froide alimentent les nourrices dédiées pour chaque bloc ;
- **Eau salée** : L'eau des aquariums est directement prélevée de la mer ;
- **Eau pure** : Une conduite est prévue pour l'alimentation des laboratoires en eau pure après traitement grâce à un osmoseur au niveau du sous-sol.

6.2.7.4 Sécurité incendie :

- **Détection** : Le bâtiment est entièrement maillé par un réseau de détecteurs de fumée reliés à une centrale d'alarme adressable, permettant une localisation immédiate d'un départ de feu.
- **Intervention** : Des déclencheurs manuels sont positionnés aux sorties et points de passage. Des Robinet d'Incendie Armés (RIA) avec tambour de 25m et des extincteurs. En complément, un réseau de sprinklers est ajouté pour la protection des espaces.
- ** vacuation** : Un balisage lumineux permanent (Blocs de Secours) indique les sens d'évacuation vers les sorties les plus proches, garantissant une sortie sécurisée même en cas de coupure de courant.

6.2.8 Conclusion :

L'approche technique développée dans ce chapitre démontre que la viabilité d'un équipement aussi complexe repose sur une ingénierie rigoureuse, totalement intégrée à la pensée architecturale.

Ainsi, cette maîtrise technique valide la faisabilité concrète du projet sur la façade maritime de la Salamandre. Elle prouve qu'une architecture ambitieuse et immersive peut s'appuyer sur une infrastructure de pointe pour offrir une expérience publique optimale, tout en respectant les équilibres environnementaux du site.

Conclusion générale

Au terme de cette recherche, il apparaît que la requalification de la façade maritime de Salamandre à Mostaganem ne peut se limiter à une simple intervention esthétique ou fonctionnelle. Elle doit être pensée comme une opération globale, capable de répondre à la fois aux enjeux urbains, environnementaux, sociaux et identitaires du site. Dans ce sens, l'intégration des matériaux hygromorphes s'impose comme une piste innovante et pertinente, car elle permet de concevoir une architecture adaptative, passive et sensible aux conditions climatiques du littoral.

L'étude théorique a montré que les notions de ville intelligente, de paysage réactif et de façade adaptative s'inscrivent dans une logique de durabilité et de résilience face aux transformations contemporaines. L'analyse du quartier de Salamandre a, quant à elle, révélé un territoire à fort potentiel, mais marqué par des discontinuités urbaines, une pression touristique importante, une faiblesse de la cohérence architecturale et une vulnérabilité accrue au climat marin. Ces constats ont confirmé la nécessité d'un projet structurant, capable de reconnecter la ville à son front de mer tout en valorisant son identité locale.

Le projet proposé, à travers un aquarium hybride à vocation culturelle et scientifique, offre une réponse architecturale qui dépasse la simple fonction d'équipement. Il devient un support de requalification urbaine, un outil de sensibilisation à l'environnement marin et un vecteur de développement territorial durable. L'usage des matériaux hygromorphes dans l'enveloppe du bâtiment renforce cette ambition en introduisant une dimension réactive, économe en énergie et en harmonie avec les contraintes du site.

Ainsi, ce mémoire démontre que l'innovation matérielle peut être au service d'une architecture contextuelle et responsable. En conciliant technique, paysage, culture et écologie, le projet de Mostaganem propose un modèle d'intervention reproductible pour d'autres façades maritimes algériennes confrontées aux mêmes défis. Il ouvre enfin la voie à une architecture plus intelligente, plus résiliente et plus respectueuse de son milieu.

Bibliographie

Ouvrages :

- Adam, M., & Comby, É. (2020). *Le capital dans la cité : Une encyclopédie critique de la ville* (2e éd.). Amsterdam.
- Aïtcin, P.-C. (1998). *Bétons à hautes performances : principes, propriétés et applications*. Éditions Eyrolles.
- Barbier, R. (2014). *Le développement durable*. PUF, coll. « Que sais-je ? ».
- Barthes, J.-P., & Lefebvre, J. (2007). *Béton armé : Calcul et mise en œuvre*. Éditions Eyrolles.
- Benyus, J. M. (2013). *Biomimétisme : De la nature comme modèle*. Rue de l'Échiquier.
- Choay, F. (1992). *L'allégorie du patrimoine*. Seuil.
- Corbin, A. (1988). *Le territoire du vide : L'Occident et le désir du rivage, 1750-1840*. Flammarion.
- Donadieu, P. (1998). *Campagnes urbaines*. Actes Sud.
- Falk, J. H. (2013). *The museum experience revisited*. Routledge.
- Ferrari, A. (2018). *Aquarium Lighting: Design and Technology*. Springer.
- Fox, M., & Kemp, M. (2016). *Interactive architecture*. Princeton Architectural Press.
- Gibson, D. V., Kozmetsky, G., & Smilor, R. W. (1992). *The technopolis phenomenon: Smart cities, fast systems, global networks*. Rowman & Littlefield.
- Graff, R. (2012). *Aquarium Design and Construction*. Springer.
- Gravari-Barbas, M. (2015). *Tourisme et métropolisation*. Belin.
- Herzog, T., Krippner, R., & Lang, W. (2004). *Facade Construction Manual*. Birkhäuser.
- Kretzer, M. (2017). *Kompendium der Luftarchitektur*.
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. MIT Press.
- Marçais, G. (1954). *Les villes d'Afrique du Nord à l'époque ottomane*. PUF.
- Merlin, P., & Choay, F. (dir.). (2009). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*. Presses Universitaires de France.
- Mounier, D. (2010). *Matériaux de construction : pathologie, durabilité et entretien*. Éditions Eyrolles.
- Paulet, J.-P. (2000). *La ville : Essai de géographie urbaine*. Armand Colin.

Richards, G. (1996). *Cultural tourism in Europe*. CABI.

Sachs, I. (2015). *La troisième rive : à la recherche d'un développement durable*. Descartes & Cie.

Revue et articles :

Ballantyne, R., Packer, J., & Falk, J. (2011). Using tourism free-choice learning experiences to promote environmentally sustainable behaviour. *Tourism and Hospitality Research*, 11(4), 215–224.

Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481–518.

Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82.

Elmaghraby, A. S., & Losavio, M. (2014). Cyber security challenges in smart cities: Safety, security and privacy. *Journal of Advanced Research*, 5(4), 491–497.

Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? *City*, 12(3), 303–320.

Holstov, A., Bridgens, B., & Farmer, G. (2015). Hygromorphic materials for sustainable responsive architecture. *Construction and Building Materials*, 98, 770–782.

Loonen, R. C. G. M., Trčka, M., Cóstola, D., & Hensen, J. L. M. (2013). Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 483–493.

Menges, A., & Reichert, S. (2015). Performative wood: Integral computational design for timber construction. *Architectural Design*, 85(5), 66–73.

Reichert, S., Menges, A., & Correa, D. (2014). Meteorosensitive architecture: Biomimetic building skins based on hygroscopic materials. *Computer-Aided Design*, 60, 50–69.

Articles de presse :

Algérie360. (2017, 12 novembre). *Béni-Saf : L'aquarium rouvrira ses portes en juillet prochain*. Algérie360.

Algérie360. (2024, 14 août). *La Promenade des Sablettes fait peau neuve : voici ses nouvelles infrastructures*. Algérie360.

Thèses et mémoires :

Bendris, H., & Ghandour, S. (2016, juin). *L'océanographie et le tourisme aquarium d'Oran vers une ouverture à la création contemporaine...* (Mémoire de master académique, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, Algérie).

Bezzou, Y. (2022, juin). *Centre de préservation et de valorisation faunique et floristique marine à Bouzedjar : pour un écosystème marin en santé* (Mémoire de master académique, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, Algérie).

Douibi, A., & Ferdi, B. (2020). *Changement climatique et risques côtiers dans la métropole algéroise* (Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, Algérie). Bibliothèque numérique de l'ENSSMAL.

Fellah, S. (2020, juillet). *La Salamandre, un village des années 1900 au quartier de la ville de Mostaganem actuelle* (Mémoire de master académique, Université d'Oran 2, Algérie).

Textes de loi, rapports officiels et documents publics :

REVISION DU PDAU DE GROUPEMENT DES 03 COMMUNES (Mostaganem, Mazagran Et Sayada) (mai 2023)

Commission mondiale sur l'environnement et le développement. (1987). *Notre avenir à tous* (Rapport Brundtland). Oxford University Press / ONU.

Direction de l'urbanisme, de l'architecture et de la construction. (2023). *Révision du PDAU du groupement des 3 communes (Mostaganem, Mazagran, Sayada)*.

France. (s. d.). *Pacte mondial des Nations unies*.

Sites web, documents techniques et rapports en ligne :

3LHD. (2016, 20 novembre). *Karlovac Freshwater Aquarium and River Museum*. ArchDaily.

ArchDaily. (2014, 7 juillet). *HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion by Achim Menges Architect in collaboration with Oliver David Krieg and Steffen Reichert*. ArchDaily.

ArchDaily. (2019). *Aquarium design: Materials and structural solutions*. ArchDaily.

ArchDaily. (2024). *A new generation of living buildings using hygromorphic materials*. ArchDaily.

Arte Charpentier. (2025). *Aménagement de la baie d'Alger*. Arte Charpentier – Projets.

B+P Architects. (2024, 30 juillet). *i Ocean Museum*. ArchDaily.

Bee Smart City. (2023). *Smart City Indicators: Six Fields of Action for Success*.

BFL France. (2024, 26 novembre). *Les matériaux de construction pour éviter les risques d'humidité*.

Cahiers ESPI2R. (2024). *La réhabilitation du patrimoine bâti des centres anciens*.

Camif Habitat. (2024). *Rénovation bâtiment classé monument historique*.

- CSTB. (2010). *Guide pratique des faux plafonds en milieu humide*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.
- CSTB. (2015). *Guide pratique – Constructions en milieu humide : choix des matériaux et solutions techniques*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.
- Eternit. (2018). *Panneaux en fibrociment pour façades ventilées*.
- El Amine, A., et al. (2023). *La stratégie de développement touristique dans les littoraux algériens*.
- Géoconfluences (ENS de Lyon). (2016). *Ville intelligente (smart city)*.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). *Smart cities – Ranking of European medium-sized cities*. Centre of Regional Science, Vienna University of Technology.
- HafenCity Hamburg GmbH. (2025). *HafenCity Hamburg – Offizielle Website*.
- Marina at Keppel Bay. (2014). *Marina Keppel Bay – Vibrant waterfront lifestyle experiences*.
- Menges, A., & Reichert, S. (2013). *HygroSkin – Meteorosensitive Pavilion*. ICD, Universität Stuttgart.
- Mitsubishi Chemical Group. (2020). *Plexiglas® Aquarium: Technical Data Sheet*.
- Nervegna, P., & Menges, A. (2015). *HygroSkin: Meteorosensitive Pavilion*.
- OSHA. (2020). *Laboratory Safety Guidance*. Occupational Safety and Health Administration.
- Paül, V., & Tonts, M. (2015). *Ecologies of urban smartness: digital ecology and urban sustainability*.
- Petit Futé. (2024, 11 décembre). *Aquarium de Béni Saf*. Petit Futé – Visites & Points d'intérêt.
- Saint-Gobain. (2015). *Plâtres et faux plafonds en milieu humide et marin*.
- Tagliabue, B. (2025, 26 octobre). *HafenCity Public Spaces*.
- UNESCO. (2016). *Culture and sustainable tourism*.
- Vivrosec. (2025, 24 février). *Les matériaux et structures adaptés aux climats humides*.
- Ville de Bastia. (2025). *Centru Culturale Alb'oru*.
- Working Group on Aquarium Technology. (2015). *Aquarium Water Treatment and Life Support Systems*.

Annexe

ANNEXE N1 : BUSINESS MODEL CANVAS

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

BUSINESS MODEL CANVAS
BMC

Date de dépôt : 24/06/2026

N° de projet :

Faculté/Institut : Faculté de Technologie

Département : ARCHITECTURE

Nom du projet :

**INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYBROMORPHES DANS LA
REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME DE MOSTAGANEM
(SALAMANDRE)**

Encadrant 1: Benabdelkader Nawal

Co-encadrant 1: Belarouci Abdelghani

Etudiants : - MADJED Yousra

- MERAD BOUDIA Hiba Alaa

1- Proposition de valeur (Value Proposition) القيمة المقترحة

- a. Quels problèmes résolvons-nous pour nos clients ?

ما هي المشاكل التي نحلها لعملائنا ؟

Notre solution répond aux problématiques liées à l'humidité, au confort thermique et à la surconsommation énergétique des bâtiments en milieu littoral, tout en proposant une alternative innovante, durable et passive adaptée aux conditions climatiques locales.

- b. Quels besoins de nos clients satisfont nos produits ou services ?

ما هي الاحتياجات التي يلبيها منتجاتنا أو خدماتنا لعملائنا؟

Nos produits répondent aux besoins de confort thermique, de gestion de l'humidité et d'efficacité énergétique, tout en offrant une solution architecturale durable, esthétique et adaptée aux contraintes climatiques du littoral.

- c. En quoi notre offre est-elle différente de celle de nos concurrents ?

في ماذا تختلف عروضنا عن تلك التي يقدمها منافسونا؟

Notre offre se distingue par une approche innovante basée sur des matériaux hygromorphes à fonctionnement passif, permettant une régulation naturelle de l'humidité et du confort thermique, sans recours à des systèmes énergivores, tout en valorisant une architecture durable et adaptée au contexte littoral.

- d. Quelles est notre proposition unique de valeur ?

ما هو العرض الفريد للقيمة لدينا؟

Notre produit est fait à base de matériaux naturel, il ne nécessite pas de dispositifs techniques pour son activation, résout des problèmes d'humidité encore inexplorés

2- Segments de clients (Customer Segment) انواع العملاء :

- a. Quels sont nos clients principaux ?

من هم العملاء او الزبائن الرئيسيون؟

Promoteurs immobiliers, architectes et entreprises de construction spécialisés dans les projets en milieu littoral ou soumis à de fortes contraintes d'humidité.

- b. Quels sont les différents segments de clients que nous visons ?

ما هي الفئات المختلفة من العملاء التي تستهدفها؟

Nous visons différents segments au sein du secteur du bâtiment : les promoteurs immobiliers, les architectes, les bureaux d'études techniques et les entreprises de construction intervenant sur des bâtiments exposés à l'humidité, en particulier en milieu littoral.

c. Quels sont les besoins spécifiques de chaque segment de clients ?

ما هي الاحتياجات الخاصة لكل فئة من العملاء؟

Les promoteurs immobiliers recherchent des solutions innovantes et économiques pour limiter les désordres liés à l'humidité et valoriser leurs projets en milieu littoral.

Les architectes et bureaux d'études ont besoin de matériaux performants et esthétiques, intégrables dans des façades durables et adaptées au climat côtier.

Les entreprises de construction ont besoin de panneaux faciles à mettre en œuvre, fiables et compatibles avec les systèmes constructifs existants.

d. Comment pouvons-nous catégoriser nos clients en groupes distincts ?

كيف يمكن تصنيف عملائنا الى مجموعات مختلفة؟

Nous pouvons catégoriser nos clients en groupes distincts selon :

- Le type d'acteur : promoteurs immobiliers, architectes/bureaux d'études et entreprises de construction.
- Le type de projet : projets de requalification de façades existantes, constructions neuves en milieu littoral, bâtiments publics sensibles à l'humidité (équipements collectifs, logements).
- La localisation géographique : clients intervenant principalement dans les zones côtières et les régions fortement exposées à l'humidité.

3- Relation avec les clients (Consumer Relationship) علاقة مع العملاء :

a. Quel type de relation chaque segment de clients attend-il de nous ?

اي نوع من العلاقة يتوقعه كل فئة من العملاء منا؟

Chaque segment de clients attend de nous une relation professionnelle fondée sur l'expertise, l'accompagnement et la fiabilité, avec un suivi de projet, un appui technique à la conception et une assistance à la mise en œuvre sur chantier.

b. Comment entretenons-nous actuellement les relations avec nos clients ?

كيف نحافظ حاليًا على العلاقات مع عملائنا؟

Nous entretenons nos relations clients par des échanges directs (réunions, visites de chantier) et numériques (e-mails, visio), en assurant un suivi continu du projet et un appui technique de la conception à la mise en œuvre.

- c. Comment pouvons-nous améliorer ou personnaliser nos interactions avec nos clients ?

كيف يمكننا تحسين أو تخصيص تفاعلاتنا مع عملائنا؟

Nous pouvons personnaliser nos interactions en offrant un accompagnement technique sur mesure, des formations et démonstrations sur les panneaux hygromorphes, ainsi qu'un suivi régulier après la pose (retours d'expérience et assistance).

4-Canaux de distribution (Channels) : قنوات التوزيع

- a- Par quels canaux nos clients veulent-ils être atteints ?

من خلال أي قنوات يفضل عملاؤنا أن يتم التواصل معهم؟

Nos clients souhaitent être atteints par des canaux professionnels (visites, rendez-vous, salons du bâtiment) complétés par des canaux numériques (site web, e-mail, réseaux professionnels) pour obtenir rapidement des informations techniques.

- b- Quels canaux sont les plus efficaces pour atteindre chaque segment de clients ?

ما هي القنوات الأكثر فعالية للوصول إلى كل فئة من العملاء؟

Les promoteurs sont surtout atteints par les rendez-vous directs et les salons professionnels. Les architectes et bureaux d'études privilégient les rencontres techniques, formations et réseaux professionnels. Les entreprises de construction sont efficacement touchées par les visites de chantier, les démonstrations de mise en œuvre et le contact régulier (e-mail, téléphone).

- c- Comment pouvons-nous intégrer différents canaux pour améliorer l'expérience clients ?

كيف يمكننا دمج مختلف القنوات لتحسين تجربة العملاء؟

Nous intégrons différents canaux en combinant rencontres physiques (salons, visites, rendez-vous) et outils numériques (site web, e-mail, visio, envoi de documents techniques) pour offrir une communication fluide et un suivi personnalisé tout au long du projet.

الشراكة الرئيسية : 5-Partenaires clés (Key Partnerships)

a. Qui sont nos partenaires clés ?

من هم شركاؤنا الرئيسيون؟

Nos partenaires clés sont les fournisseurs de bois et de matériaux biosourcés, les laboratoires et centres de recherche spécialisés dans les matériaux hygromorphes, ainsi que les entreprises de construction et les architectes qui participent aux projets pilotes en milieu littoral.

b. Quels sont les partenariats qui nous aident à réduire les coûts, à accéder à de nouvelles ressources ou à améliorer notre proposition de valeur ?

ما هي الشراكات التي تساعدنا على خفض التكاليف أو الوصول إلى موارد جديدة أو تحسين قيمتنا المقترحة؟

Les fournisseurs de bois réduisent nos coûts, les laboratoires améliorent la performance de nos panneaux, et les entreprises de construction et architectes, via des projets pilotes, renforcent et adaptent notre proposition de valeur.

c. Comment pouvons-nous aligner nos intérêts avec ceux de nos partenaires ?

كيف يمكننا مزامنة مصالحنا مع تلك لشركائنا؟

Nous alignons nos intérêts avec ceux de nos partenaires en établissant des accords gagnant-gagnant (prix et volumes stables, échanges de données et de résultats de recherche, valorisation commune des projets pilotes), afin que chacun bénéficie de la performance et de la diffusion des panneaux WoodWave.

الأنشطة الرئيسية : 6-Activités clés (Key Activities)

a. Quelles sont les actions principales que nous devons entreprendre pour livrer notre proposition de valeur ?

ما هي الأنشطة الرئيسية التي يجب علينا القيام بها لتقديم قيمتنا المقترحة؟

Les actions principales sont la recherche et développement sur les panneaux hygromorphes, la production et le contrôle qualité des panneaux, ainsi que l'accompagnement technique des clients (conseil, dimensionnement, mise en œuvre sur les façades).

b. Quelles sont les opérations essentielles pour notre entreprise ?

ما هي العمليات الأساسية لشركتنا؟

Les opérations essentielles sont la gestion de la chaîne d'approvisionnement en bois et matériaux biosourcés, l'industrialisation et la logistique de distribution des panneaux, ainsi que le suivi des projets (planification, coordination avec les partenaires et contrôle des chantiers).

c. Quelles sont les activités qui créent le plus de valeur pour nos clients ?

ما هي الأنشطة التي تخلق أكبر قيمة لعملائنا؟

Les activités qui créent le plus de valeur sont le développement de panneaux hygromorphes performants adaptés au climat littoral, la conception de solutions sur mesure pour chaque projet et l'accompagnement technique permettant de réduire les problèmes d'humidité et d'améliorer le confort thermique des bâtiments.

7- Ressources clés (Key resources): الموارد الرئيسية:

a. Quels sont nos actifs matériels, immatériels et humains essentiels ?

ما هي الأصول المادية وغير المادية والبشرية الأساسية لدينا؟

Nos actifs essentiels sont : des ressources humaines qualifiées (15 à 20 employés avec formation en technologies hygromorphes), des ressources matérielles (unité de production, lignes automatisées, laboratoire R&D, entrepôts), des ressources financières (financement de démarrage, lignes de crédit) et des ressources partenariales (fournisseurs locaux, distributeurs spécialisés, centres de recherche).

b. Quels sont les outils, les technologies ou les partenariats dont nous avons besoin pour réussir ?

ما هي الأدوات والتكنولوجيا أو الشراكات التي نحتاجها لتحقيق النجاح؟

Nous avons besoin d'outils et technologies comme les logiciels de modélisation (CAO/BIM), les machines de fabrication, les équipements de test, la technologie hygromorphe et les

matériaux biosourcés, ainsi que de partenariats avec des fournisseurs locaux, des laboratoires de recherche, des entreprises de construction et des architectes.

c. Quels sont les principaux avantages concurrentiels de nos ressources ?

ما هي المزايا التنافسية الرئيسية لمواردنا؟

Nos principaux avantages concurrentiels sont la maîtrise d'une technologie hygromorphe innovante adaptée au climat littoral, l'existence d'un laboratoire R&D(recherche et développement) et d'une unité de production dédiés, ainsi qu'un réseau de partenaires (fournisseurs, chercheurs, constructeurs) qui renforce la qualité et la crédibilité de nos panneaux WoodWave.

8- Charges et coûts (Cost structure): التكاليف:

a. Quels sont les coûts fixes et variables associés à notre modèle économique ?

ما هي التكاليف الثابتة والمتغيرة المرتبطة بنموذجنا الاقتصادي؟

Les coûts fixes regroupent principalement les salaires de l'équipe, les charges liées à l'unité de production et au laboratoire R&D, ainsi que les frais administratifs.

Les coûts variables concernent surtout l'achat des matières premières (bois et matériaux biosourcés), l'énergie consommée par les machines, la logistique de transport des panneaux et certains coûts de chantier liés à la mise en œuvre.

b. Quels sont les coûts les plus importants pour notre entreprise ?

ما هي التكاليف الأكثر أهمية لشركتنا؟

Les coûts les plus importants concernent les salaires et charges du personnel, le fonctionnement de l'unité de production et du laboratoire R&D, ainsi que l'achat des matières premières nécessaires à la fabrication des panneaux hygromorphes.

c. Comment pouvons-nous réduire les coûts ou améliorer l'efficacité de nos opérations ?

كيف يمكننا خفض التكاليف أو تحسين كفاءة عملياتنا؟

Nous pouvons réduire les coûts et améliorer l'efficacité en optimisant l'utilisation des matières premières, en automatisant davantage la production, en mutualisant certains

moyens avec nos partenaires (laboratoires, entreprises de construction) et en améliorant la planification logistique pour limiter les pertes de temps et de transport.

9- Revenus (Revenue): مصادر الدخل:

a. Quels produits ou services nos clients sont-ils prêts à payer ?

ما هي المنتجات أو الخدمات التي يكون عملاؤنا على استعداد لدفع ثمنها؟

Nos clients sont prêts à payer pour l'achat de panneaux hygromorphes WoodWave adaptés à leurs projets (en fourniture seule ou fourniture et pose), ainsi que pour des services associés : études techniques, conseils de conception et accompagnement à la mise en œuvre sur les façades.

b. Quels sont les différents moyens par lesquels nous pouvons générer des revenus ?

ما هي الطرق المختلفة التي يمكننا من خلالها تحقيق الدخل؟

Nous pouvons générer des revenus par la vente des panneaux hygromorphes WoodWave, par des prestations de services (études techniques, conseil, formation, assistance à la mise en œuvre) et, à terme, par des contrats de suivi et de maintenance des façades équipées.

c. Quel est notre modèle de tarification ?

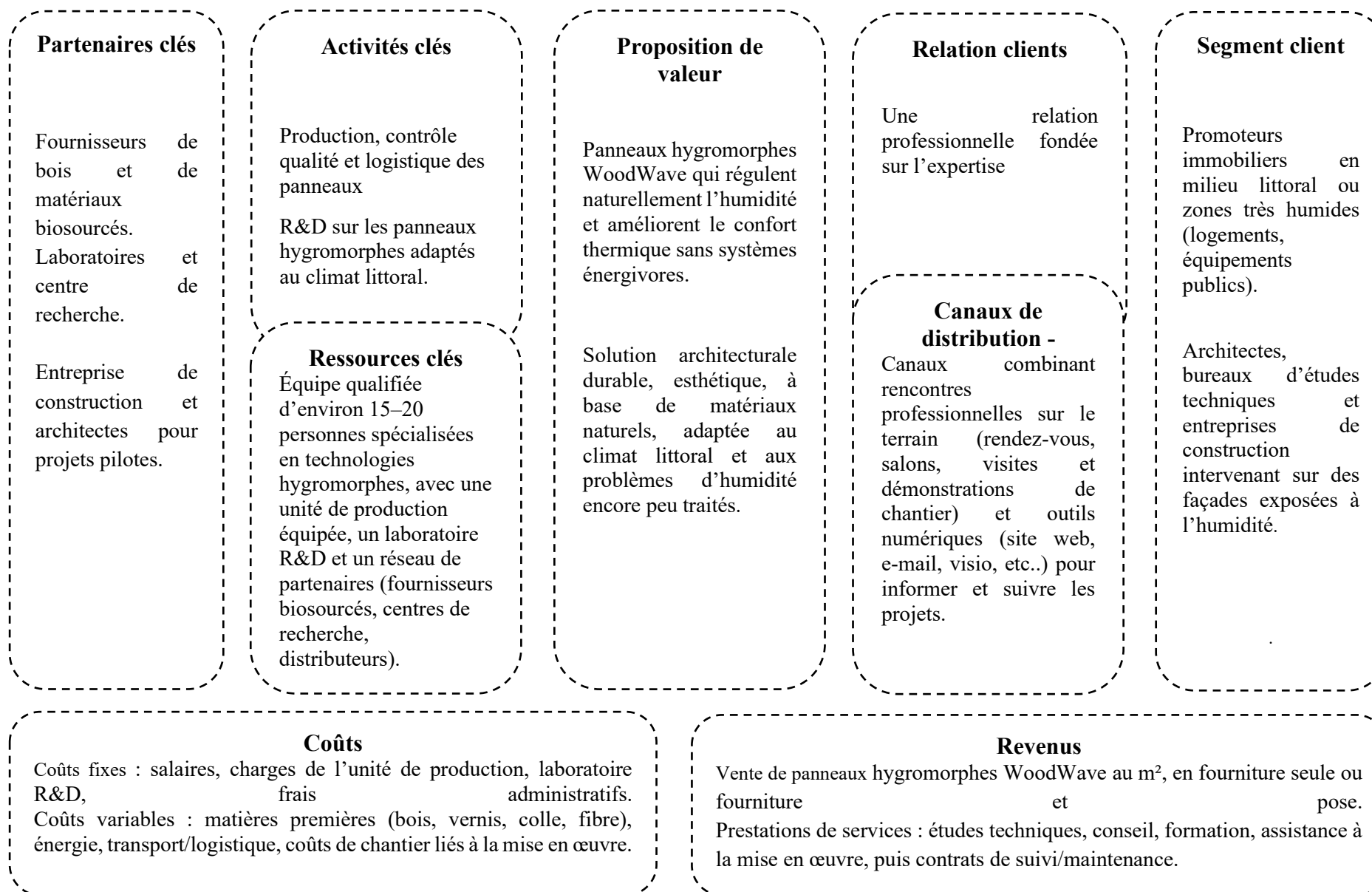
ما هو نموذج التسعير لدينا؟

Notre modèle de tarification repose principalement sur un prix au m² de panneaux hygromorphes, ajusté selon les caractéristiques techniques (épaisseur, finition, performance), auquel peuvent s'ajouter des honoraires pour les services d'étude, de conseil et d'accompagnement à la mise en œuvre.

Coûts	Catégorie	Element	Coût Unitaire (DA)	Quantité	Total (DA)
Fixes	Fixation	Rail extérieur ; C-channel acier galvanisé (outer rail) Sur le meneau	1 500 DA / mètre	2	3 000 DA
		Allen bolt (BTR) + rondelle + écrou ou taraudage	· BTR : 20 à 80 DA · Rondelle : 5 à 15 DA · Écrou : 5 à 20 DA 30 à 115 DA / point de fixation	Tous les 15–25 cm 4 à 6	300 DA
		Rail intérieur en acier galvanisé (inner rail) Sur le support en bois	2 000 DA / m	2	4 000 DA
		Allen bolt (BTR) + insert fileté bois (indispensable)	· Allen bolt (BTR) : 20 à 80 DA · Insert fileté bois : 30 à 120 DA / pièce 50 à 200 DA / point de fixation	Tous les 15–25 cm 4 à 6	400 DA
	Façade hygromorphe	Bois de hêtre	230 000/m²(2,5 cm)	3 mm.1m²	27 000 DA
		Vernis acrylique microporeux (couche de protection)	2 000 DA	1	2 000 DA
		Fixations avec la colle Fast weld adhesive KIT mdf and gel 100(support)	280 DA	1	280 DA
		La fibre de jute	550DA/m²	1	550 DA
		ColleEPOXY 80G AB ES-501 Fast weld	240 DA	1	240 DA
	Les machines utilisées	Scie à onglet radiale	50 000	1	50 000
		Visseuse-perceuse	15 000	1	15 000
		Meuleuse d'angle	10 000	1	10 000

	Main- d'œuvre ; Fabrication des panneaux	Menuisier	3 000 – 5 000/j	1	220 000
	Installation et montage	Métallier Aide ouvrier	2 000 – 3 000/j	1	300 000
Coût total des produits :				112 770 DA	
	Location	Atelier de fabrication (la zone industrielle chetouane)900m²	200 000 DA/mois	1mois	200 000
	Transport et logistique ; Transport bois (Ghazawat → Chetouane)	Location camion + chauffeur	8 000 DA/voyage	1	8 000
		Carburant + péages	4 000 DA/voyage	1	4 000
	Transport produits finis (Chetouane → Mostaganem)	Location camion	20 000 DA/voyage	1	20 000
		Carburant	9 000 DA/voyage	1	9 000
		Main d'œuvre chargement	2 000 DA/voyage	1	2 000
Coût total des locations par mois :				243 000 DA	
Coût total :				355 770 DA	

BUSINESS MODEL CANVAS :



ANNEXE N2: QUESTIONNAIRE

1. Questionnaire destiné aux clients potentiels :

(Architectes, BET, entreprises BTP, promoteurs, collectivités)

A. Profil du répondant :

1. Type de structure

- Architecte / agence d'architecture
- Bureau d'études techniques
- Entreprise de construction (BTP)
- Promoteur immobilier
- Collectivité / institution publique
- Autre, préciser : ...

2. Taille de votre structure

- 1–5 personnes
- 6–20 personnes
- 21–50 personnes
- Plus de 50 personnes

3. Secteurs de projets principalement réalisés

- Logement individuel
- Logement collectif
- Équipements publics (écoles, hôpitaux, etc.)
- Bâtiments tertiaires / bureaux
- Équipements culturels / touristiques
- Autre, préciser : ...

4. Zone géographique principale d'intervention

- Tlemcen / Mostaganem / Oran
- Autres wilayas du littoral
- Autres, préciser : ...

B. Pratiques actuelles sur les façades :

5. Quels types de façades utilisez-vous le plus souvent ? (Plusieurs réponses)

- Enduit sur maçonnerie
 - Bardage ventilé (bois, métal, composite...)
 - Mur rideau / façade légère vitrée
 - Panneaux sandwich / panneaux industriels
 - Autre, préciser : ...
6. Quels sont vos critères prioritaires pour choisir un système de façade ? (Classer de 1 à 5)
- Coût
 - Durabilité / entretien
 - Performance thermique
 - Esthétique / image du projet
 - Innovation / caractère écologique
7. Avez-vous déjà utilisé des matériaux dits « intelligents » ou adaptatifs (brise-soleil orientables, façades dynamiques, etc.) ?
- Oui, fréquemment
 - Oui, occasionnellement
 - Non, jamais

Si oui, préciser brièvement le type de système : ...

C. Sensibilité aux matériaux hygromorphes :

8. Connaissiez-vous le principe des matériaux hygromorphes avant ce questionnaire ?
- Oui
 - Non
9. Dans quelle mesure seriez-vous intéressé par des panneaux de façade :
- Qui se déforment passivement avec l'humidité (ouverture/fermeture)
 - Permettant une ventilation / ombrage passifs
 - À base de matériaux biosourcés (bois, composites bio)

Échelle de 1 à 5 (1 = pas du tout, 5 = très intéressé).

10. Pour quels types de projets pourriez-vous envisager ce type de produit ?
- Façades maritimes / littorales
 - Équipements publics innovants (musées, aquariums, écoles...)

- Logements écologiques
- Projets pilotes / démonstrateurs
- Je ne suis pas intéressé

D. Attentes techniques et économiques :

11. Quelles performances vous semblent indispensables pour envisager ces panneaux ?

- Résistance aux UV et au climat marin
- Stabilité dimensionnelle
- Durée de vie minimale (en années) : ...
- Garantie fabricant (en années) : ...
- Possibilité de maintenance / remplacement de modules

12. Fourchette de prix acceptable (fourniture panneaux hygromorphes, hors pose) par m² :

- Moins de 8 000 DA / m²
- 8 000 – 12 000 DA / m²
- 12 000 – 16 000 DA / m²
- Plus de 16 000 DA / m² si forte valeur ajoutée

13. Quels freins voyez-vous à l'adoption de ce type de matériau ? (Plusieurs réponses)

- Manque de références / retours d'expérience
- Risque technique (durabilité, pathologies)
- Coût jugé trop élevé
- Réticence des maîtres d'ouvrage
- Normes / assurances
- Autre, préciser : ...

14. Quelles garanties ou services associés vous rassureraient ?

- Fiches techniques détaillées + essais labo
- Maquette ou démonstrateur à l'échelle 1
- Accompagnement technique (dimensionnement, détails)
- Formation pour les entreprises de pose
- Service après-vente / suivi in situ

E. Intention d'achat et conclusion :

15. À horizon 3–5 ans, seriez-vous prêt à intégrer ce type de panneaux hygromorphes dans un projet réel ?

- Oui, certainement
- Oui, sous conditions (tests, garanties...)
- Peut-être, à titre expérimental
- Non

16. Accepteriez-vous d'être recontacté pour :

- Participer à un projet pilote / prototype
- Donner un avis sur les futures versions du produit

Si oui, laisser vos coordonnées : Nom / structure / téléphone / courriel.

2. Questionnaire destiné aux fournisseurs / partenaires industriels :

A. Profil du fournisseur :

1. Type d'activité

- Fournisseur de bois / panneaux dérivés
- Fournisseur de résines / composites / fibres
- Atelier de menuiserie industrielle
- Entreprise de façadiers / poseurs
- Autre, préciser : ...

2. Taille de l'entreprise

- 1–10 salariés
- 11–50 salariés
- Plus de 50 salariés

3. Zone d'intervention / distribution principale : ...

B. Capacités techniques et logistiques

4. Quelles technologies maîtrisez-vous ?

- Découpe CNC / fraisage
- Pressage / lamination
- Traitements de surface (lasure, vernis, protection marine)
- Assemblage de panneaux composites

- Contrôle qualité / essais labo
- 5. Capacité de production mensuelle approximative (m² de panneaux / pièces) : ...
- 6. Seriez-vous en mesure d'intégrer un nouveau produit de type panneaux hygromorphes dans votre chaîne ?
 - Oui, facilement
 - Oui, avec adaptation d'équipements
 - Non, pas dans l'état actuel

C. Intérêt pour un partenariat :

- 7. Seriez-vous intéressé par :
 - Une collaboration R&D (prototypes, essais)
 - La fabrication sous licence de panneaux hygromorphes
 - La distribution commerciale du produit
 - Aucun des trois
- 8. Principales conditions pour collaborer sur un nouveau produit innovant :
 - Volumes minimum garantis
 - Partage des coûts de R&D
 - Exclusivité territoriale
 - Autre, préciser : ...
- 9. Vos attentes en termes de marge / positionnement prix (en % ou fourchette indicative) : ...

D. Freins et besoins :

- 10. Quels freins identifiez-vous pour fabriquer / distribuer ce type de panneaux ?
 - Investissement machine
 - Complexité technique
 - Incertitude sur la demande
 - Normes / certifications
 - Autre, préciser : ...
- 11. De quelles informations auriez-vous besoin pour vous engager ?
 - Cahier des charges détaillé
 - Plans et prototypes

- Résultats d'essais mécaniques et climatiques
- Étude de marché chiffrée

12. Accepteriez-vous d'être recontacté pour une réunion ou une présentation technique ?

- Oui / Non
- Coordonnées : ...

3. Questionnaire destiné aux investisseurs :

I. Profil de l'investisseur :

1. Type d'investisseur

- Business angel
- Fonds d'investissement / venture capital
- Banque / organisme financier
- Institution publique / programme d'appui (ANSEJ, I2E, etc.)
- Autre, préciser : ...

2. Localisation principale

- Algérie
- Maghreb
- Europe
- Autre, préciser : ...

3. Montant moyen d'investissement par projet (ticket habituel)

- < 1 000 000 DA
- 1 000 000 – 5 000 000 DA
- 5 000 000 – 20 000 000 DA
- 20 000 000 DA

4. Secteurs d'intérêt privilégiés

- BTP / matériaux de construction
- Énergie / efficacité énergétique
- Cleantech / green tech
- Industrie / fabrication
- Autre, préciser : ...

II. Intérêt pour les matériaux innovants et la construction :

5. Avez-vous déjà investi dans :
 - Des startups du BTP / construction
 - Des matériaux innovants
 - Des solutions cleantech / bas carbone
 - Aucun des trois
6. Comment évaluez-vous le potentiel du secteur « matériaux de construction innovants » dans les 5–10 ans à venir ?
 - Très élevé
 - Élevé
 - Moyen
 - Faible
7. Quels aspects vous intéressent le plus dans ce type de projet ?
 - Réduction de l’empreinte carbone
 - Performance énergétique des bâtiments
 - Différenciation architecturale / design
 - Potentiel de marché international
 - Autre, préciser : ...

III. Perception du projet « panneaux hygromorphes » :

8. Sur une échelle de 1 à 5, comment jugez-vous l’intérêt du concept de panneaux de façade hygromorphes ?
 - 1 = Pas du tout intéressant
 - 5 = Très intéressant
9. Quels éléments vous semblent les plus attractifs dans ce projet ?
 - Innovation technologique
 - Impact environnemental (réduction clim / énergie)
 - Image / différenciation pour les maîtres d’ouvrage
 - Potentiel d’industrialisation
 - Autre, préciser : ...
10. Quels sont, selon vous, les principaux risques ou points faibles ?

- Incertitude sur la demande marché
- Coût de production / prix de vente
- Risque technique (durabilité, climat marin, etc.)
- Complexité d'obtention de certifications / normes
- Manque de références et de chantiers pilotes
- Autre, préciser : ...

IV. Critères d'investissement :

11. À quel stade de maturité intervenez-vous généralement ?

- Idée / pré-incubation
- Prototype fonctionnel (proof of concept)
- Premiers clients / premiers contrats
- Scale-up (développement international, forte croissance)

12. Quels critères sont les plus importants pour vous ? (Choisir max. 3)

- Taille / potentiel du marché
- Solidité de l'équipe fondatrice
- Maturité technologique (TRL)
- Avantage concurrentiel / propriété intellectuelle
- Impact environnemental / social
- Rentabilité prévisionnelle

13. Horizon de sortie habituel de vos investissements

- 3–5 ans
- 5–7 ans
- 7 ans
- Pas de contrainte précise

14. Formes de soutien que vous privilégiez :

- Apport en capital
- Prêt / quasi-fonds propres
- Accompagnement stratégique / mentorat
- Mise en réseau (industriels, clients, autres financeurs)

V. Attentes :

15. Quelles informations considérez-vous indispensables avant d'investir dans un projet comme le nôtre ?

- Business plan détaillé (prévisions financières, plan de trésorerie)
- Étude de marché chiffrée (clients, concurrence, prix)
- Résultats d'essais et prototypes testés en conditions réelles
- Plan industriel (capacités de production, fournisseurs, coûts)
- Stratégie de propriété intellectuelle (brevets, savoir-faire)

16. Quels accompagnements attendez-vous de la part de l'équipe fondatrice ?

- Reporting régulier (trimestriel, semestriel)
- Implication de l'investisseur dans les décisions stratégiques
- Gouvernance structurée (conseil d'administration, comité)
- Possibilités de co-investissement avec d'autres partenaires

VI. Intention et contact :

17. Seriez-vous prêt à étudier plus en détail un dossier de panneaux hygromorphes (prototype + POC sur bâtiment réel) ?

- Oui, certainement
- Oui, si certains points sont clarifiés (technologie, marché...)
- Peut-être, à moyen terme
- Non, pas dans l'immédiat

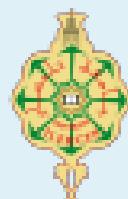
18. Souhaitez-vous être recontacté pour :

- Recevoir un pitch deck détaillé
- Participer à une présentation / démonstration technique
- Être informé des avancées (prototypes, projets pilotes)

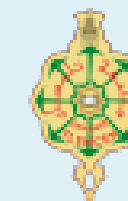
Nom / Organisation : ...

E-mail : ...

Téléphone : ...



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE



DOSSIER GRAPHIQUE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN : ARCHITECTURE
SPÉCIALITÉ : ARCHITECTURE ET
NOUVELLES TECHNOLOGIES

SUJET :
INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES DANS
LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA HIBA ALAA

PROJET DÉPOSÉ LE 10 JUIN 2026

SOUTENU, LE 24.06.2026, DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE :

MR ALILI ABDESSAMAD	PR	UNIVERSITÉ DE TLEMCEM	PRÉSIDENT
MME CHAREF NADIA	MCB	UNIVERSITÉ DE TLEMCEM	EXAMINATRICE
MME KORSO FERCIANE FADIA	ARCHITECTE	UNIVERSITÉ DE TLEMCEM	EXAMINATRICE
MME BENABDELKADER NAWAL	MCB	UNIVERSITÉ DE TLEMCEM	ENCADRANTE
MR BELAROUCI ABDELGHANI	DOCTEUR	UNIVERSITÉ DE TLEMCEM	CO-ENCADRANT

ANNÉE UNIVERSITAIRE :2025/2026

An architectural rendering of a modern building with a stepped, terraced roofline. The building is light-colored with dark rectangular openings. A semi-transparent light blue rectangular box is centered over the building, containing the text 'MOSTA-SEA CENTER' and 'CENTRE AQUA-CULTUREL' in dark blue, bold, sans-serif capital letters. Below the text box, the building's facade features arched windows and a central entrance with a blue and white geometric pattern. In the foreground, a body of water reflects the building and the sky. A small white boat with red stripes is on the left, and a few people are walking on a path in front of the building.

MOSTA-SEA CENTER
CENTRE AQUA-CULTUREL



SITUATION DU TERRAIN



PLAN DE MASSE



LA MER

PROMENADE

LOGEMENTS
R+6

ACCÈS
PRINCIPAL

ACCÈS
DE SERVICE

PROMENADE

LOGEMENTS
R+6

UNIVERSITE ABDO BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

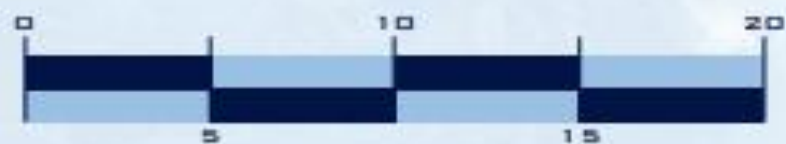
PROJET DE FIN
D'ETUDE
PLAN DE
MASSE

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIEAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

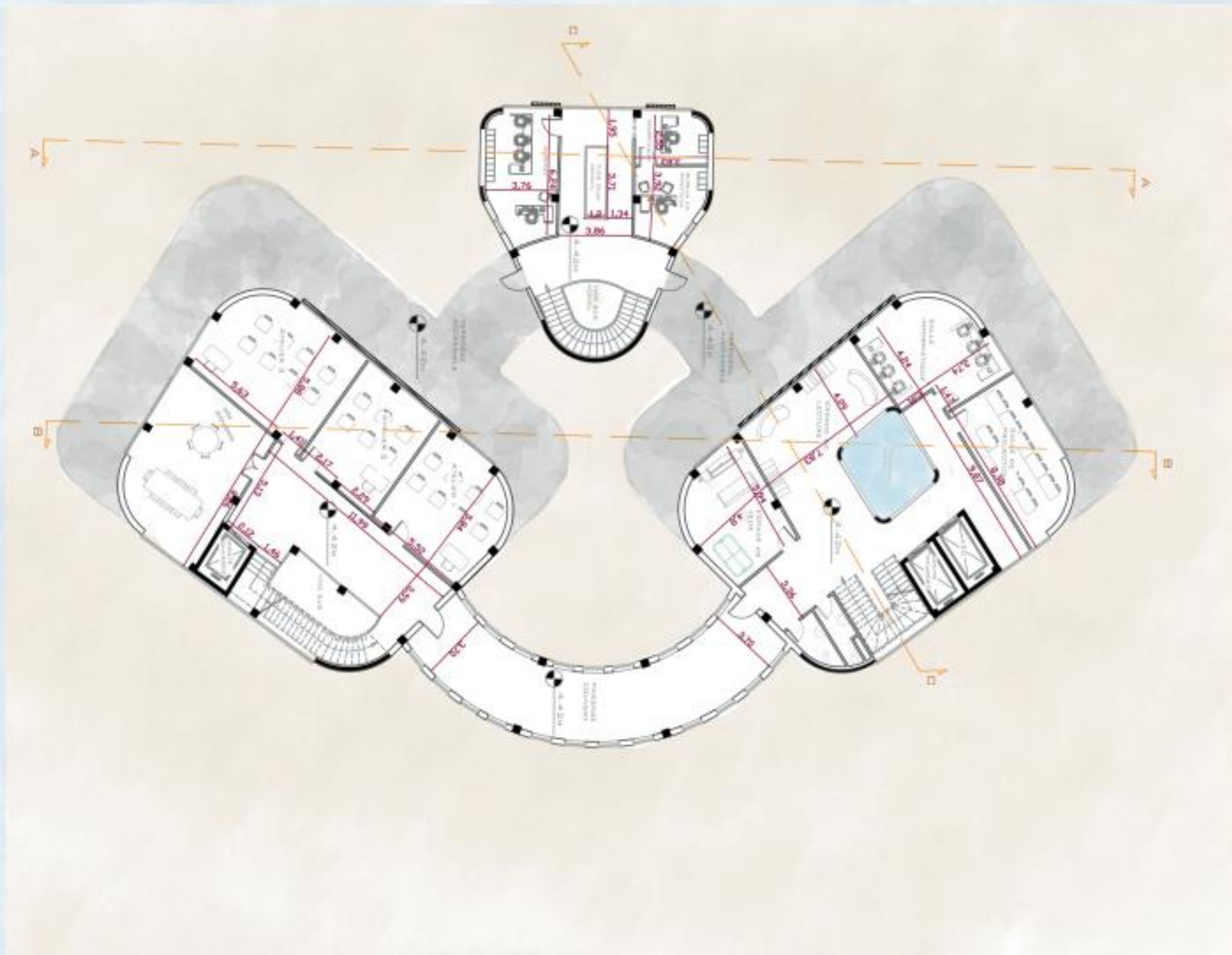
PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



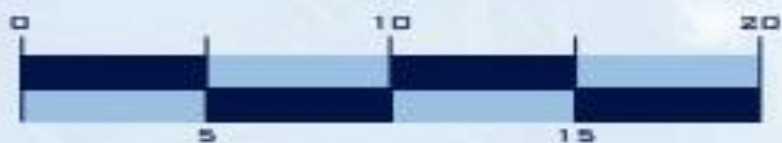
PLAN D'ASSEMBLAGE



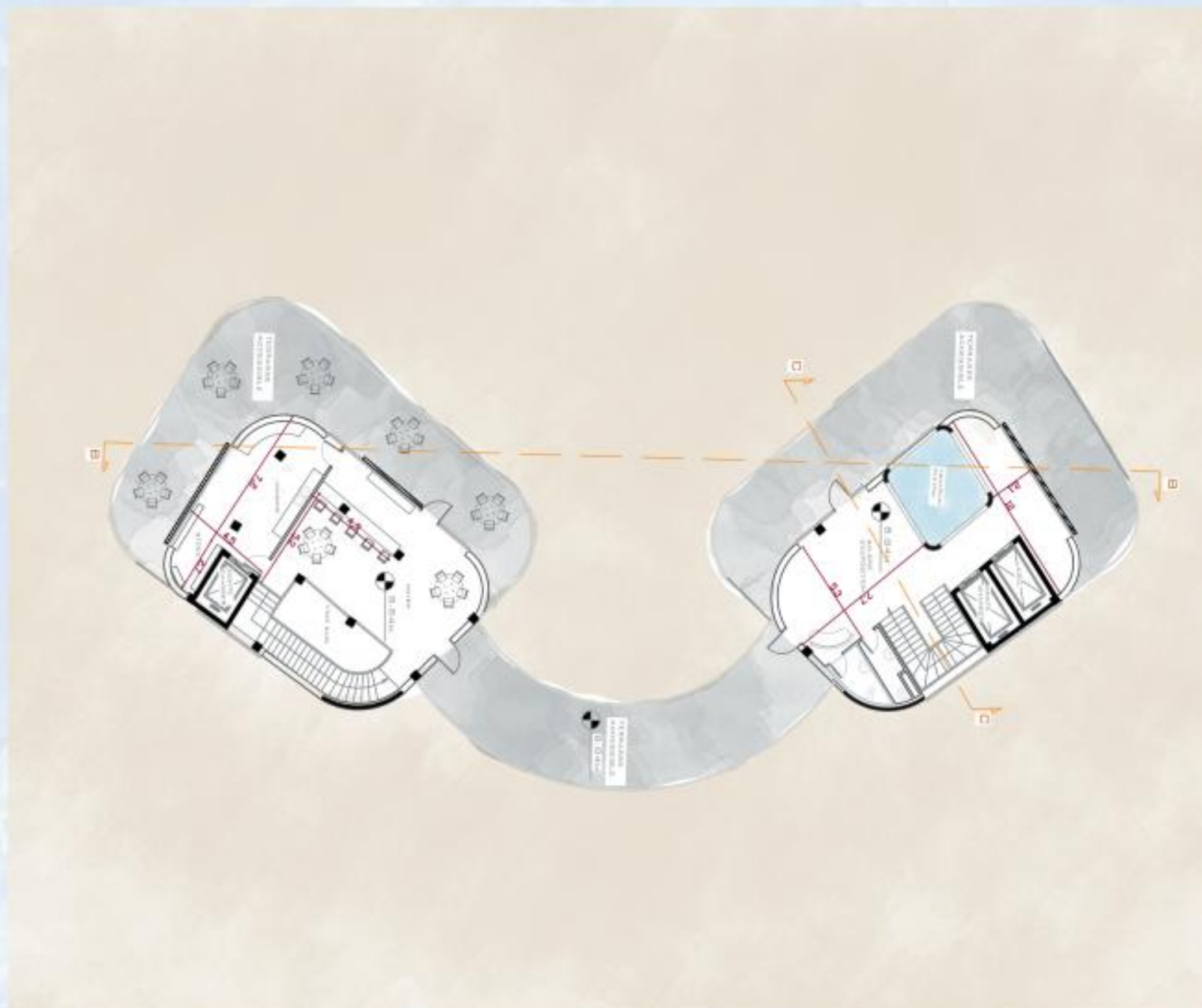
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID FACULTE DE TECHNOLOGIE DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE		
PROJET DE FIN D'ETUDE PLAN D'ASSEMBLAGE	SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)	PRÉSENTÉ PAR: MADJED YOUSRA MERAD BOUDIA HIBA ALAA



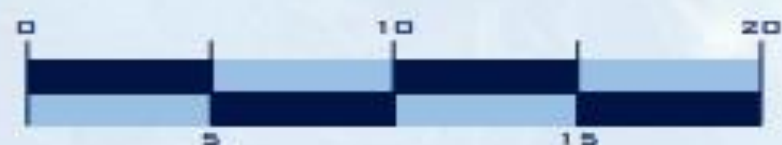
PLAN DU 1ER ÉTAGE



UNIVERSITE ABDO BEKR BELKAID FACULTE DE TECHNOLOGIE DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE		
PROJET DE FIN D'ETUDE	SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)	PRÉSENTÉ PAR: MADJED YOUSRA MERAD BOUDIA HIBA ALAA
PLAN DU 1ER ÉTAGE		



PLAN DU 2ÈME ÉTAGE

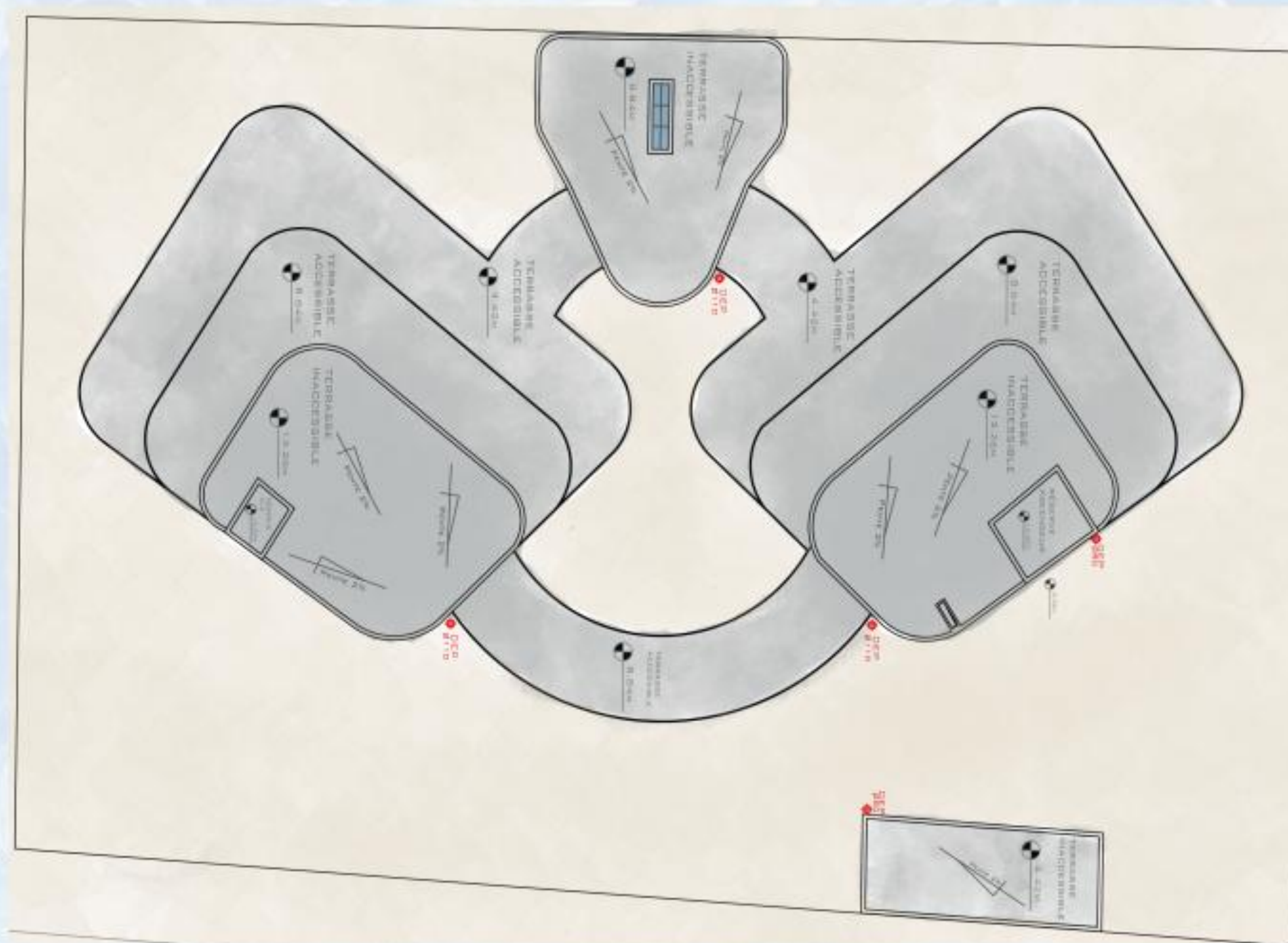


UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE
PLAN
DU 2ÈME ÉTAGE

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



PLAN DE LA TOITURE

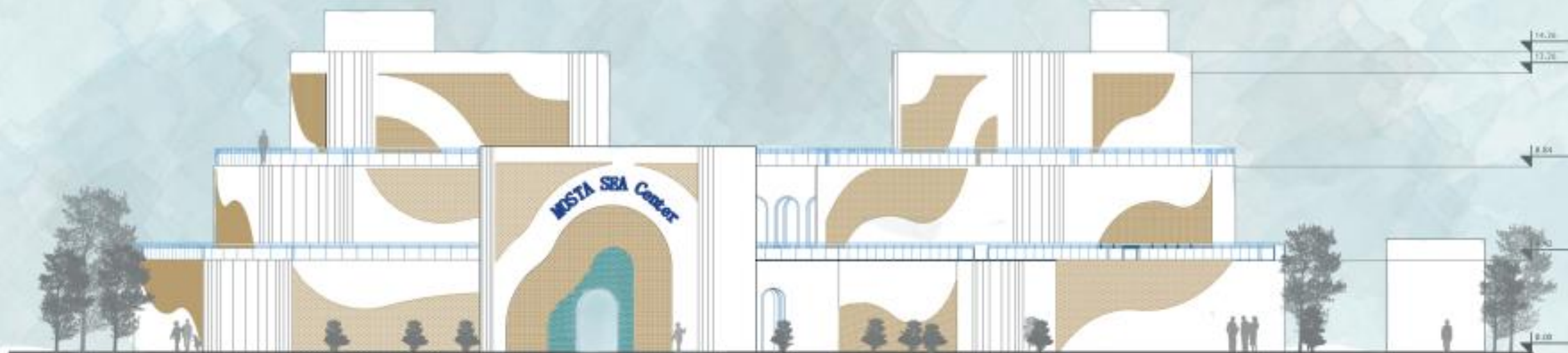
UNIVERSITE ABDO BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE
PLAN
DE LA TOITURE

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA





FAÇADE PRINCIPALE



FAÇADE LATÉRALE



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE

FAÇADES

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

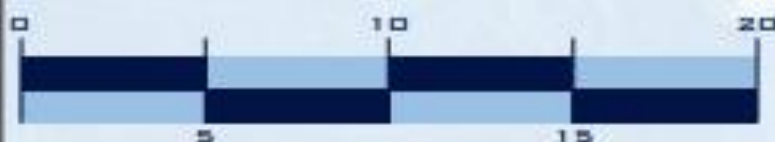
PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



COUPE A-A



COUPE B-B



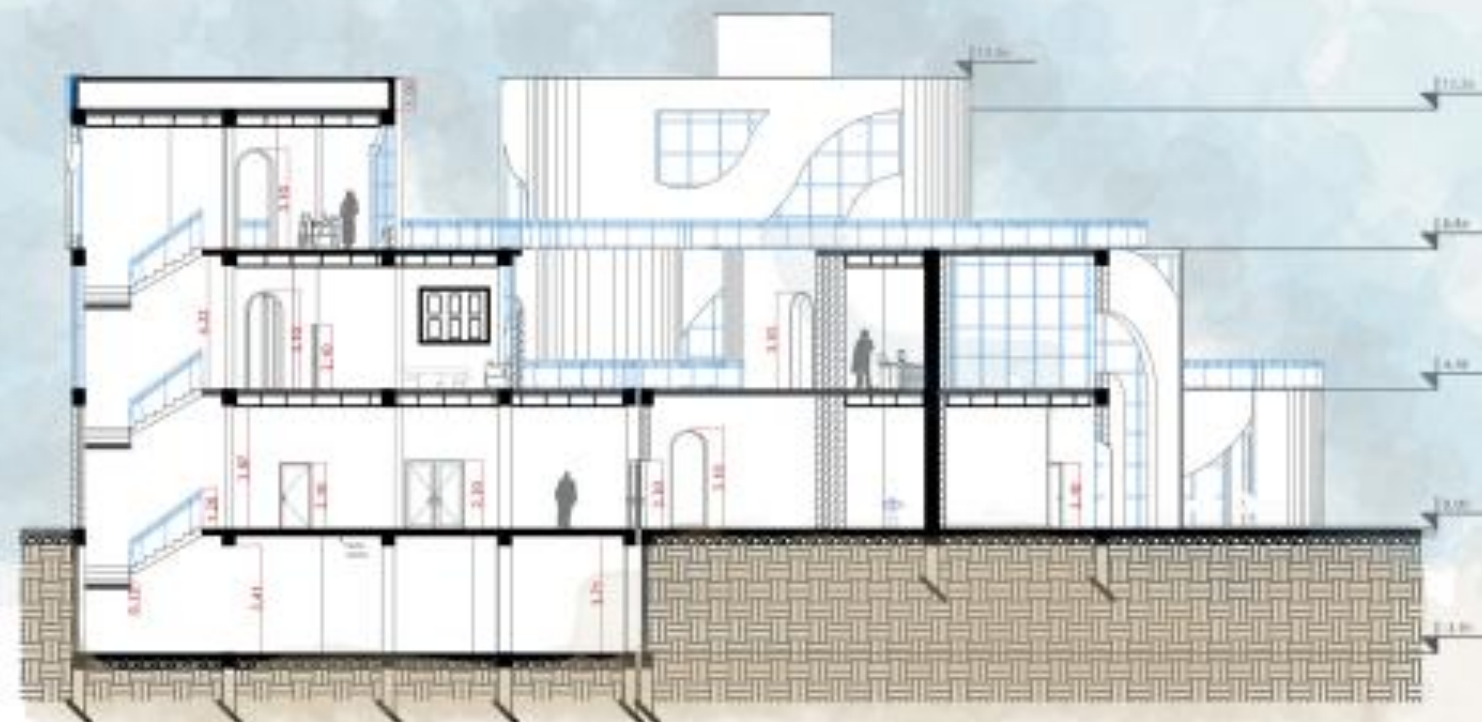
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE

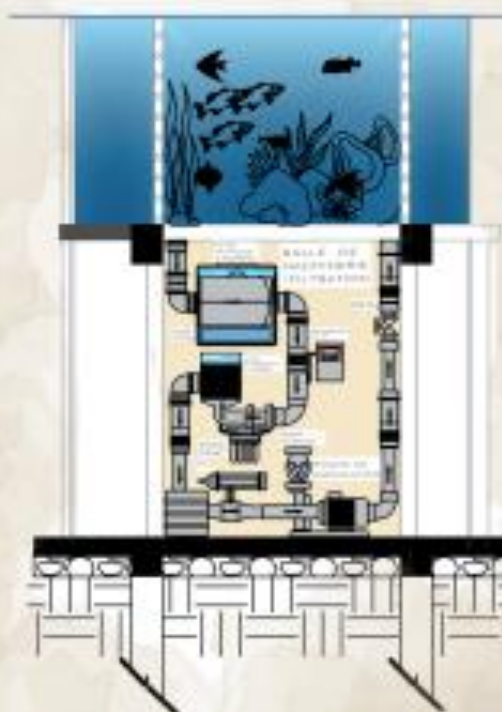
COUPES

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

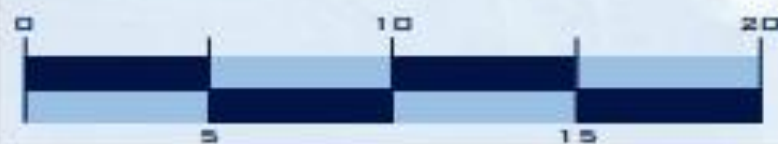
PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



COUPE C-C



COUPE DE LA SALLE DE FILTRATION



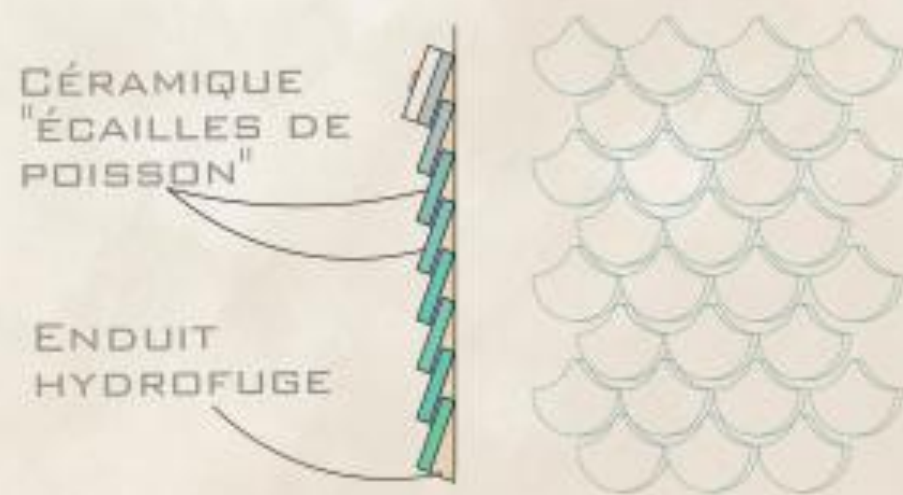
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE

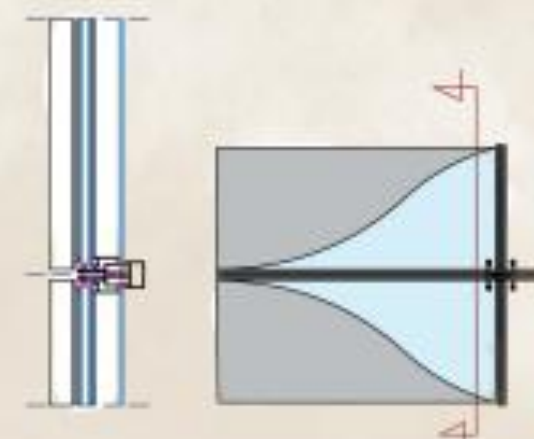
COUPES

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

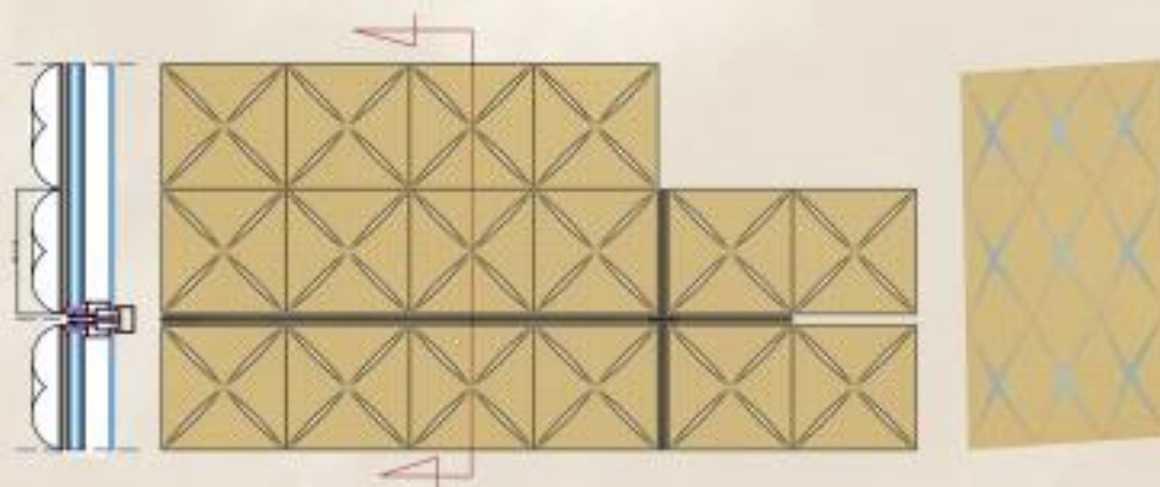
PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



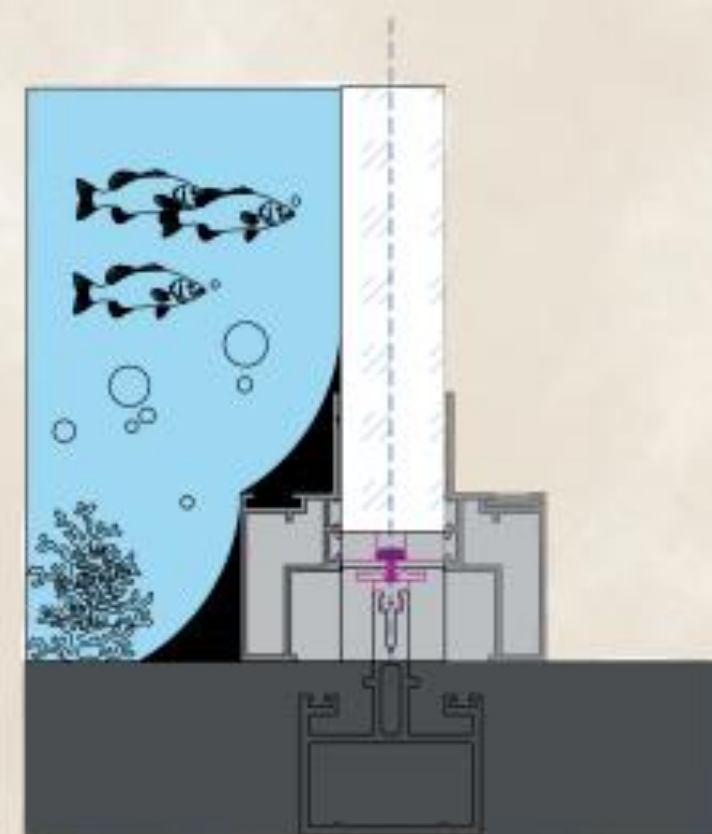
DETAIL DE LA MOSAÏQUE D'ENTRÉE



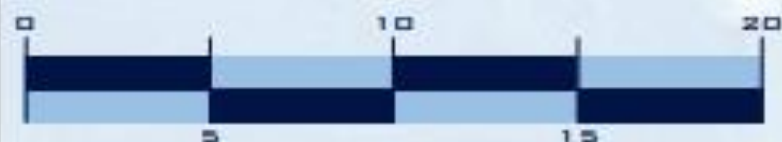
DETAIL DE FIXATION
MUR RIDEAU + ÉLÉMENT



DETAIL DE FIXATION MUR RIDEAU + PANNEAU
HYGROMORPHE



DETAIL DE FIXATION VERRE ET SOL

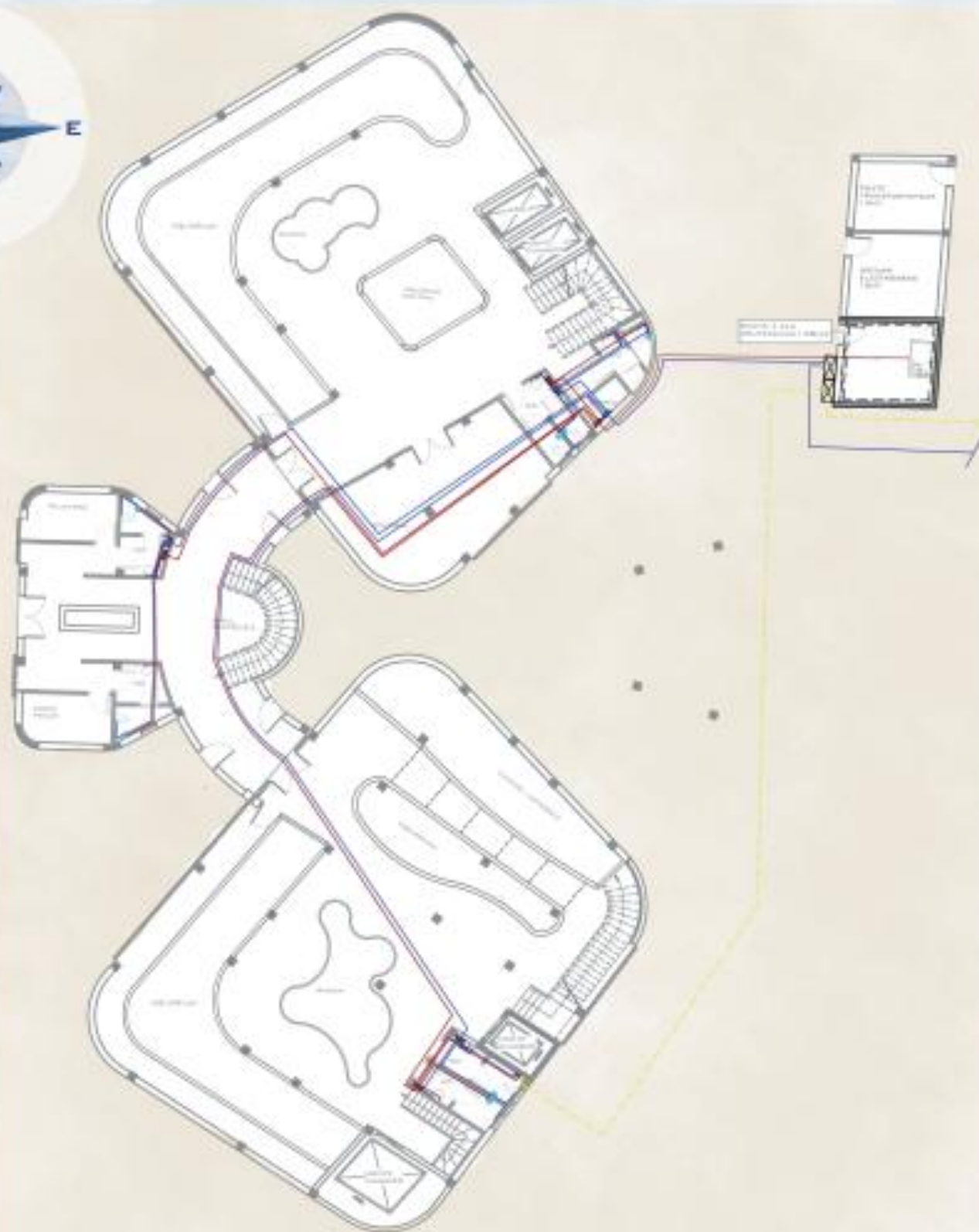


UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE
DETAILS

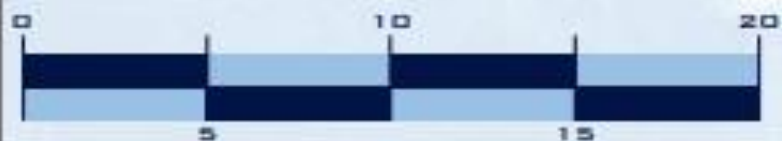
SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIEAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



PLAN AEP - ALIMENTATION EN EAU POTABLE

LÉGENDE	
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable



PLAN DU RÉSEAU ANTI-INCENDIE

LÉGENDE	
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable
	Alimentation Eau Potable

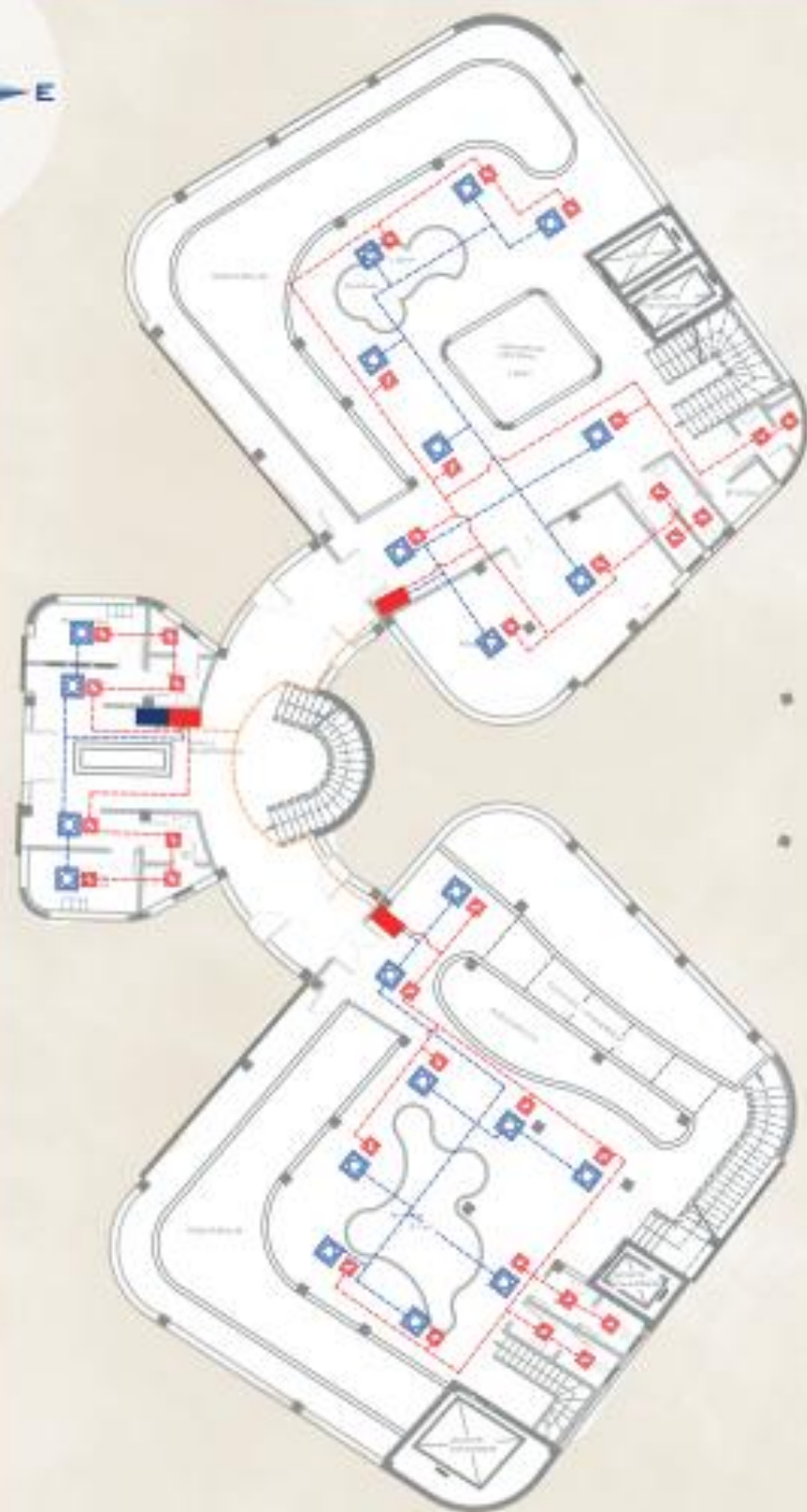
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE

CES

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIEAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



PLAN CVC (CLIMATISATION - VENTILATION - CHAUFFAGE)



PLAN D'ÉLECTRICITÉ



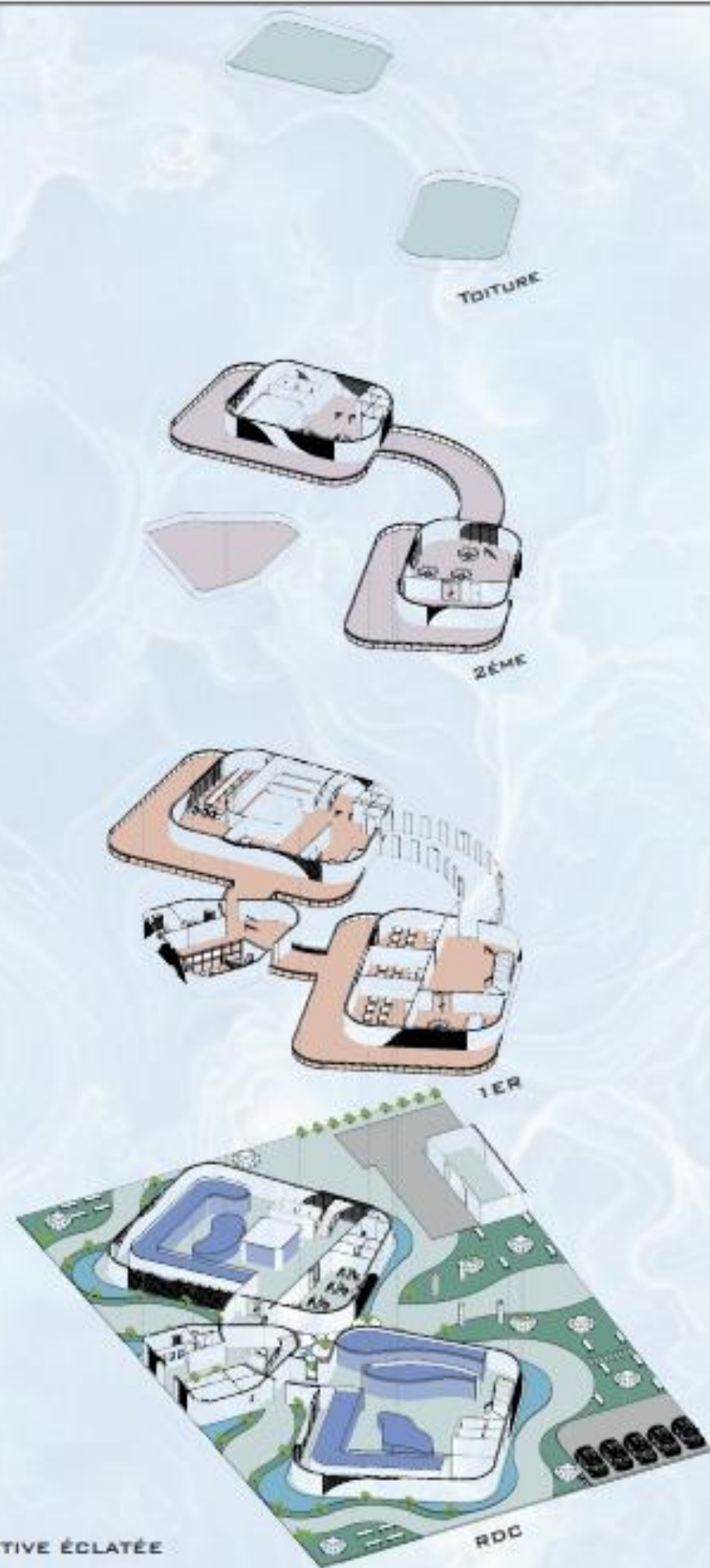
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE

CES

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



PERSPECTIVE ÉCLATÉE



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE
MODELISATIONS
3D

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA

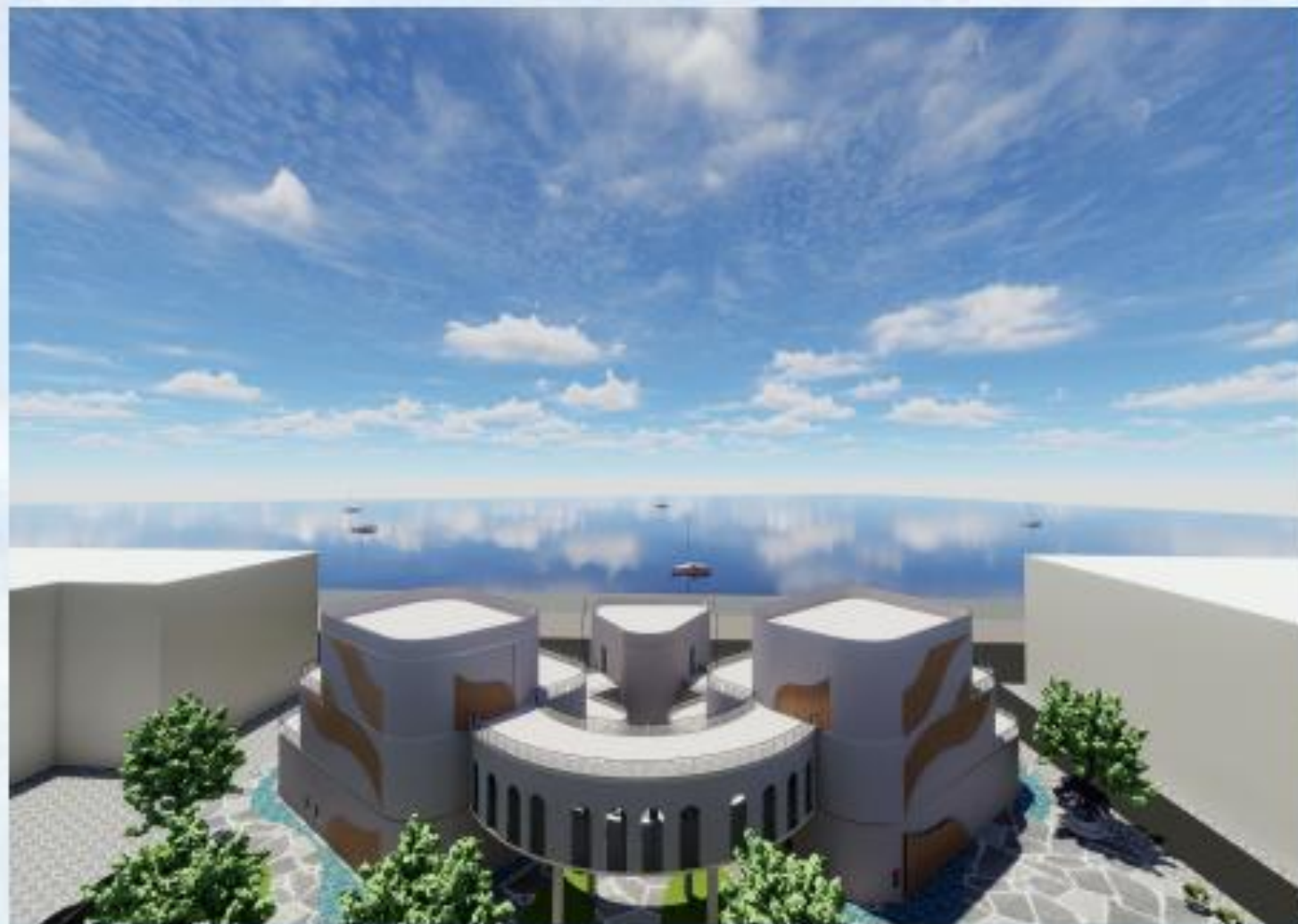


UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE
MODELISATIONS
3D

SUJET: INTÉGRATION DES MATÉRIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE**

**PROJET DE FIN
D'ETUDE
AMBIANCES
INTERIEURES**

**SUJET: INTEGRATION DES MATERIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)**

**PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA**



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

PROJET DE FIN
D'ETUDE
AMBIANCES
INTERIEURES

SUJET: INTEGRATION DES MATERIAUX HYGROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FACADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)

PRESENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA



**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE**

**PROJET DE FIN
D'ETUDE
AMBIANCES
INTERIEURES**

**SUJET: INTEGRATION DES MATERIAUX HYDROMORPHES
DANS LA REQUALIFICATION DE LA FAÇADE MARITIME
DE MOSTAGANEM (SALAMANDRE)**

**PRÉSENTÉ PAR:
MADJED YOUSRA
MERAD BOUDIA
HIBA ALAA**

Table des matières :

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé	IV
ملخص	V
Abstract	VI
Tables des illustrations	XI
Introduction générale.....	1
1. Introduction :	2
2. La problématique :	3
3. L'hypothèse de recherche :	5
4. Les objectifs de recherche :	5
5. L'intérêt du travail :	5
6. La méthodologie du travail :	5
7. Le contexte du travail :	6
Chapitre 1 : Approche Théorique.....	8
1. Introduction	8
2. Définition de concepts clés :	8
1.1.1 Intégration technologique.....	8
1.1.1.1 Principes essentiels :	8
1.1.2 Paysages intelligents :	9
1.1.2.1 Principes essentiels :	9
1.1.3 Convergence des deux notions :	9
1.1.3.1 Principes essentiels :	9
1.1.4 Les villes intelligentes :	10
1.1.4.1 Définition :	10
1.1.4.2 Les caractéristiques de la ville intelligente :	11
1.1.4.3 Technologie innovante en ville :	12
1.1.5 Les types d'interventions urbaines :	12
1.1.5.1 La restructuration :	12
1.1.5.2 La rénovation :	13
1.1.5.3 La réhabilitation :	13

1.1.5.4	La restauration :	13
1.1.6	Composantes du paysage urbain :	14
1.1.7	Le développement durable :	14
1.1.7.1	Définition :	14
1.1.7.2	Les dimensions du développement durable :	15
1.1.8	Les matériaux résistants à l'humidité et à l'eau :	16
1.1.8.1	Structure du bâtiment :	16
1.1.8.2	Principes Architecturaux Clés :	18
1.1.9	Les matériaux hygromorphes :	18
1.1.9.1	Définition :	18
1.1.9.2	La conception hygroscopique :	19
1.1.9.3	Matériaux hygromorphes pour façades adaptatives :	19
1.1.9.4	Bénéfices d'une façade hygromorphique :	20
1.1.10	Façade adaptative :	20
3.	Conclusion :	20
Chapitre 2 : Approche Innovante		16
2.1	Introduction :	22
2.2	Fondements théoriques :	23
2.2.1	Le modèle naturel :	23
2.2.2	La physique du phénomène :	23
2.2.3	Vers une architecture "sans moteurs" :	23
2.3	État de l'art et applications architecturales :	24
2.3.1	Wood-based hygromorphic materials for sustainable responsive architecture, Artem Holstov 2018 :	24
2.3.2	Le pavillon Hygro Skin :	26
1.3	Protocole expérimental et prototypage :	27
4.	Étude du marché et processus de labélisation :	34
2.4.1	Le projet "WoodWave" :	34
2.4.2	Étude du marché :	35
2.4.3	Analyse SWOT :	36
2.4.4	Feedback et contact avec les professionnels :	36
2.4.5	Création du site web :	37
5.	Intégration en façade :	38

6. Conclusion :	39
Chapitre 3 : Approche Analytique	40
1. Introduction :	39
2. Motivation du choix du site :	39
3. Présentation du cas de Mostaganem :	41
2.3.1 Situation géographique :	41
2.3.2 Accessibilité de la ville :	41
2.3.3 Accessibilité au quartier :	42
2.3.4 Analyse du climat :	42
2.3.5 Aperçu historique de la ville :	42
2.3.5.1 Antiquité :	42
2.3.5.2 Période médiévale (islamique) :	43
2.3.5.3 Période ottomane :	43
2.3.5.4 Période coloniale :	44
2.3.5.5 Période post-coloniale :	46
4. Délimitation du quartier de Salamandre :	46
5. Approche historique :	47
2.5.1 La régence d'Alger :	47
2.5.2 Période coloniale :	47
2.5.3 Période post-coloniale :	47
2.5.3.1 Transition et extensions (1962–2000) :	47
2.5.3.2 Urbanisation intense et nouveaux rôles (2000–20) :	48
6. Approche fonctionnelle :	48
7. Approche structurelle :	49
8. Approche socio-économique :	51
9. Approche paysagère :	51
10. Analyse séquentielle :	52
11. Analyse SWOT :	53
12. Diagnostic urbain :	54
2.12.1 Sur le plan urbain et fonctionnel :	54
2.12.2 Sur le plan architectural et patrimonial :	54
2.12.3 Sur le plan social et économique :	55
2.12.4 Sur le plan environnemental et paysager :	55

13.	Analyse d'exemples de stratégies d'intervention :.....	56
14.	Les stratégies d'intervention :	62
2.14.1	Sur le plan urbain et fonctionnel :	62
2.14.2	Sur le plan architectural et patrimonial :	63
2.14.3	Sur le plan social et économique :	63
2.14.4	Sur le plan environnemental et paysager :	64
15.	Éléments identitaires :	64
16.	Le Master Plan :	66
2.16.1	Proposition des équipements :	70
17.	Conclusion :	70
Chapitre 4 : Programmation Architecturale		71
1.	Introduction :	71
2.	Analyse thématique :	71
4.2.1	Le tourisme culturel et scientifique comme levier de développement territorial :	71
4.2.1.1	Le tourisme comme moteur de développement local :	71
4.2.1.2	Le tourisme culturel : de la visite à l'expérience	71
4.2.1.3	Le tourisme scientifique et éducatif : le rôle des aquariums	72
4.2.1.4	Les villes littorales et le tourisme maritime :	72
4.2.1.5	Le tourisme durable et la sensibilisation environnementale :	72
4.2.2	Karlovac freshwater aquarium and river museum	73
4.2.3	L'aquarium de Beni Saf	73
4.2.4	I OCEAN museum	73
4.2.5	Le centre culturel Alb'oru	73
4.2.6	Notre projet :	85
3.	Conclusion :	85
Chapitre 5 : Réponse Architecturale		86
1.	Introduction :	86
2.	Analyse du terrain :	86
4.1		86
6.2.1	Situation :	86
6.2.2	Climatologie :	86
6.2.3	État de fait :	87

6.2.4	Morphologie :	87
6.2.5	Topographie :	87
6.2.6	Voirie et réseaux divers :	88
6.2.7	Analyse des nuisances :	88
6.2.8	Analyse des points de repères :	89
6.2.9	Skyline :	89
6.2.10	Analyse du style environnant :	90
6.2.11	Analyse fonctionnelle :	91
6.2.12	Analyse structurelle :	92
6.2.13	Analyse SWOT :	93
6.2.14	La synthèse de l'analyse du terrain :	93
3.	La genèse du projet :	94
6.3.1	Les principes d'implantation :	94
6.3.2	Evolution de la forme :	95
6.3.3	Evolution du volume :	96
4.	Le projet architectural comme finalité :	97
6.5.1	Description du plan de masse :	97
6.5.2	Description des niveaux :	98
6.5.2.1	Le sous-sol :	98
6.5.2.2	Le Rez-De-Chaussée :	98
6.5.2.3	Le premier étage :	99
6.5.2.4	Le deuxième étage :	99
6.5.3	Description de l'enveloppe architecturale :	100
6.5.4	Description des ambiances intérieures et séquences spatiales :	101
6.5.4.1	L'espace immersif :	101
6.5.4.2	Les espaces publics, administratifs et d'accueil :	102
6.5.4.3	Le pôle pédagogique, culturel et restauration :	102
5.	Conclusion :	103
Chapitre 6 : Approche Technique		104
1.	Introduction :	104
2.	Le gros-œuvre :	104
6.2.1	L'infrastructure :	104
6.2.2	La superstructure :	105

6.2.3	Le second œuvre :	106
6.2.3.1	Faux plafond :	106
6.2.4	Détails spécifiques aux aquariums :	107
6.2.4.1	Vitrage :	107
6.2.4.2	Éclairage :	108
6.2.4.3	Locaux techniques :	109
6.2.4.4	Entretien :	111
6.2.4.5	La quarantaine :	112
6.2.4.6	Choix des espèces exposées :	112
6.2.4.7	Détail de fixation verre et sol :	114
6.2.5	Détails spécifiques aux laboratoires d'analyse :	115
6.2.6	Détails sur la façade :	116
6.2.6.1	La mosaïque :	116
6.2.6.2	Les panneaux en fibrociment :	117
6.2.7	Les Corps d'État Secondaires (C.E.S) du projet :	117
6.2.7.1	Électricité :	117
6.2.7.2	Chauffage et climatisation :	118
6.2.7.3	Alimentation en eau :	119
6.2.7.4	Sécurité incendie :	119
6.2.8	Conclusion :	119
Conclusion générale		120
Bibliographie		121
Annexe		126