



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA -01-
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET
D'URBANISME
Département d'Architecture

Mémoire de Master en Architecture.

Thème de l'atelier : Architecture, Environnement et Technologie.

BIMénergie Casbah : renaissance énergétique d'un patrimoine ancien
P.F.E : Réhabilitation énergétique dans le tissu ancien de la Casbah d'Alger (deux
maisons à Wast Eddar)

Projet startup : WorldConnect : votre guide digital pour explorer l'héritage

Présenté par :

BOUBEKEUR, Aymen, 191932040504.

HEBIB, Arezki, 191932038558.

Encadré(e)(s) par :

Dr. BENCHEKROUN Marwa

Dr. BABA SLIMANE Nour El Houda

Dr. KAOULA Dalel

Membres du jury :

Président : Dr. BENKAHOUL (MCA)

Examineur : Dr. Bosserak

Représentant CATI : Dr BOUKARTA S

Représentant de l'incubateur : Dr ZOUGGARI Z

Année Universitaire : 2023 / 2024

Remerciement

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبفضله تنزل الخيرات والبركات وبتوفيقه تتحقق المقاصد والغايات

بسم الله و الصلاة و السلام على محمد صلى الله عليه وسلم

Nous exprimons avant tout nos remerciements et nos louanges à Dieu, qui nous a doté de la force, de la patience et de la persévérance pour mener à bien cette recherche scientifique. Ce mémoire représente l'aboutissement de 5 années d'études au sein de notre institut, marquées par des expériences inoubliables, vécues de jour comme de nuit. Chaque souvenir de cette période demeurera gravé dans nos mémoires comme une leçon de vie précieuse. Par ailleurs, il témoigne du précieux soutien et de l'aide inestimable de nombreuses personnes impliquées dans ce travail :

Nous souhaitons tout d'abord, exprimer notre gratitude et nos sincères remerciements à nos chers parents, nos frères et nos sœurs que Dieu les protège. Vous êtes notre inspiration et notre grand soutien. Votre appui constant, vos prières et votre force nous ont permis de mener ce projet à bien. Sans vous, ce travail n'aurait jamais pu être réalisé.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance et notre estime particulière à nos encadrantes, Dr BENCHEKROUN Marwa, Dr BABA SLIMANE Nour El-Houda et Dr KAOULA Dalel. Nous vous remercions d'avoir accepté de nous guider, de nous orienter avec constance, et de nous avoir aidés à approfondir nos connaissances, nous permettant ainsi de produire un travail dont nous sommes fiers.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury, qui ont accepté d'évaluer notre travail. Nous leur sommes reconnaissants pour leurs efforts visant à enrichir notre recherche.

Un remerciement spécial est dédié à nos familles, les meilleures personnes que nous avons rencontrés dans nos vies et tous nos amis fidèles, chacun par son nom pour le soutien et les encouragements ont été d'une aide tout au long de notre travail.

Nous exprimons également nos remerciements aux personnels de tout l'IAU, et en particulier à l'administration de notre institut allant du responsable au simple employé, pour la bonne gestion, depuis l'époque de l'ancien directeur, le Dr Ait Saadi, jusqu'à l'ère de l'actuelle directrice, le Dr Mahindad Abderrahim, leur dévouement et leur compétence ont été inestimables.

Nous tenons aussi à remercier la précieuse famille - le Club IBDA - pour les précieuses expériences et l'ambiance positive qu'elle nous a offertes.

Nous exprimons également notre sincère gratitude à tous les professeurs sous la direction desquels nous avons étudié au cours de ces cinq années. Leur influence et leur soutien ont été essentiels pour nous permettre d'atteindre le niveau où nous nous trouvons aujourd'hui. Nous tenons aussi à remercier chaleureusement les habitants de la Casbah d'Alger pour leur aide précieuse.

BOUBEKEUR Aymen et HEBIB Arezki

Dédicace

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail. Je dédie ces mots à :

- À ma très chère mère, Mbarka que Dieu la protège, Je ne cesserai jamais de me rappeler de ses sacrifices pour moi. À celle qui m'a parfaitement formé, qui a toujours été présente pour m'instruire, m'appuyer, m'encourager, et qui a constamment été un modèle de dévouement et de patience pour moi.

- À mon cher père, Boukhatem, qui a également tant sacrifié pour mon accomplissement. Que Dieu vous protège et vous récompense pour tous vos sacrifices pour le bien de votre fils. Merci pour tout votre travail et vos efforts, qui m'ont permis de réussir, d'être heureux et épanoui.

- À mon cher frère Achref, ton soutien indéfectible et ton affection fraternelle ont été une source de force et de motivation pour moi, à mes précieuses sœurs, Salsabil et Abir, qui sont mes princesses, votre amour et votre douceur ont illuminé mon chemin. Vous êtes les meilleurs.

- À ma précieuse famille, à mes oncles et à toutes mes merveilleuses tantes, à ma grand-mère Fatma et mon grand-père Dhifellah et même ma deuxième mère MAMA Zohra votre soutien inconditionnel et vos prières bienveillantes ont été le moteur de ma réussite. Sans vous, je n'aurais pas pu m'épanouir comme je le fais aujourd'hui. Je vous suis infiniment reconnaissant pour vos conseils éclairés, vos orientations inspirantes et l'éducation précieuse que vous m'avez prodiguée.

- A mes très chers amis qui j'ai eu l'honneur de connaître et de partager tant de souvenirs au cours de ces 5 années : Arezki, Islam, Mouloud, Cherif, Mohammed, Aymen, Soheib, Inasse, Amira, Achouak, Ferial, Rahma, Widad et Lilya. Vous êtes ma source d'inspiration constante, de bonheur infini et de joie incommensurable. Votre présence inébranlable et votre soutien indéfectible ont été les piliers qui ont soutenu mes efforts tout au long de ce parcours. Je vous suis infiniment reconnaissant d'être les personnes merveilleuses que vous êtes pour moi.

A toutes personnes qui m'a aidé ou ma encourager durant ce long travail : Hamouchi, Sohaib, Islam, Mouloud, Aziz, Amira, Achouak, Ferial, Amira, Lamia, Fayçal, Sami, Sana, Anes, Ahmed et Hamid.

Et bien sûr, le meilleur pour la fin, à mon binôme et frère de cœur, que ma mère n'a pas mis au monde, HEBIB Arezki, avec qui j'ai partagé les bons et les mauvais moments pour la réalisation de notre travail et sa présentation réussie. Tu es la personne la plus exceptionnelle que j'ai rencontrée au cours de ces 5 années, et je suis toujours honoré de travailler avec toi. Tu as toujours été, et tu seras toujours, mon frère.

BOUBEKEUR Aymen

Dédicace

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail. Je dédie ces mots à :

- À ma très chère mère, Safia, que Dieu la protège, Je ne cesserai jamais de me rappeler de ses sacrifices pour moi. À celle qui m'a parfaitement formé, qui a toujours été présente pour m'instruire, m'appuyer, m'encourager, et qui a constamment été un modèle de dévouement et de patience pour moi.

- À mon cher père, Djamel, qui a également tant sacrifié pour mon accomplissement. Que Dieu vous protège et vous récompense pour tous vos sacrifices pour le bien de votre fils. Merci pour tout votre travail et vos efforts, qui m'ont permis de réussir, d'être heureux et épanoui.

- À mes précieuses sœurs, Mahdjouba Amira et Kenza, votre amour et votre douceur ont illuminé mon chemin, votre soutien indéfectible a été une source de force et de motivation pour moi. Vous êtes les meilleurs.

- À ma précieuse famille, à mes oncles et à toutes mes merveilleuses tantes, à ma grand-mère Chabha, votre soutien inconditionnel et vos prières bienveillantes ont été le moteur de ma réussite. Sans vous, je n'aurais pas pu m'épanouir comme je le fais aujourd'hui. Je vous suis infiniment reconnaissant pour vos conseils éclairés, vos orientations inspirantes et l'éducation précieuse que vous m'avez prodiguée.

- A mes très chers amis qui j'ai eu l'honneur de connaître et de partager tant de souvenirs au cours de ces 5 années : Aymen, Islam, Mouloud, Cherif, Mohammed, Aymen, Soheib, Amira, Achouak, Ferial, Rahma, Inasse, Widad et Lilya. Vous êtes ma source d'inspiration constante, de bonheur infini et de joie incommensurable. Votre présence inébranlable et votre soutien indéfectible ont été les piliers qui ont soutenu mes efforts tout au long de ce parcours. Je vous suis infiniment reconnaissant d'être les personnes merveilleuses que vous êtes pour moi.

A toutes personnes qui m'a aidé ou ma encourager durant ce long travail : Hamouchi, Sohaib, Islam, Mouloud, Aziz, Amira, Achouak, Ferial, Amira, Lamia, Fayçal, Sami, Sana.

Et bien sûr, le meilleur pour la fin, à mon binôme et frère de cœur, que ma mère n'a pas mis au monde, BOUBEKEUR Aymen, avec qui j'ai partagé les bons et les mauvais moments pour la réalisation de notre travail et sa présentation réussie. Tu es la personne la plus exceptionnelle que j'ai rencontrée au cours de ces 5 années, et je suis toujours honoré de travailler avec toi. Tu as toujours été, et tu seras toujours, mon frère.

HEBIB Arezki

Résumé

L'Algérie regorge de potentiels patrimoniaux considérables, notamment en termes de monuments et de sites historiques, ce qui en fait une destination touristique attrayante. La Casbah d'Alger est l'une des villes les plus importantes et les plus anciennes du bassin méditerranéen, ayant vu passer de nombreuses civilisations. Ce joyau architectural offre une immersion unique dans l'histoire et la culture locale, attirant les touristes et les habitants avec ses monuments célèbres, ses marchés artisanaux et ses expériences culinaires authentiques visant à promouvoir la culture et le développement local. Il est donc impératif de la préserver et de la protéger. Dans cette optique, nous avons choisi de travailler sur le développement d'un nouvel itinéraire touristique qui garantit une meilleure fluidité et renforce le tourisme dans cette région, répondant aux besoins des familles et des jeunes visiteurs. Ce projet vise également à préserver ce patrimoine pour les générations futures à travers diverses transformations, y compris la réhabilitation énergétique des bâtiments, comme détaillé dans notre mémoire.

Notre travail repose sur trois étapes principales : d'abord, l'analyse urbaine, combinant les analyses typo-morphologique, sensorielle et historique, ainsi que la classification des équipements. Cette étape nous a permis d'identifier les points clés pour créer un parcours touristique basé sur un choix bien étudié. Ensuite l'analyse des exemples pour déterminer les solutions et techniques à utiliser et à développer dans notre cas spécifique. Enfin, Le respect de l'environnement, grâce à l'analyse climatique et énergétique, et l'amélioration du confort thermique avec une faible consommation énergétique via des simulations.

Notre projet vise à restaurer la Casbah et à créer un équilibre sur le parcours touristique de manière à préserver son caractère original, tout en respectant l'environnement et en améliorant le confort thermique des maisons traditionnelles avec une faible consommation énergétique.

À travers ce projet, nous espérons enrichir le paysage touristique de la Casbah d'Alger et la rétablir à son statut unique et original en tant que l'une des meilleures et des plus anciennes villes historiques, racontant de nombreuses histoires et récits dans ses ruelles.

Les mots clés : Réhabilitation énergétique, Casbah d'Alger, Tourisme et technologie, Confort thermique, Efficacité énergétique.

Abstract

Algeria abounds with significant tourism potential, particularly in terms of monuments and historical sites, making it an attractive tourist destination. The Casbah of Algiers is one of the most important and oldest cities in the Mediterranean basin, having witnessed numerous civilizations. This architectural gem offers a unique immersion into local history and culture, attracting both tourists and locals with its famous landmarks, artisanal markets, and authentic culinary experiences aimed at promoting culture and local development. It is therefore imperative to preserve and protect it. With this in mind, we have chosen to work on developing a new tourist itinerary that ensures better fluidity and strengthens tourism in this region, meeting the needs of families and young visitors. This project also aims to preserve this heritage for future generations through various transformations, including the energy rehabilitation of buildings, as detailed in our dissertation.

Our work is based on three main stages: first, the urban analysis, combining typological, sensory, and historical analyses, as well as the classification of facilities. This step allowed us to identify key points for creating a well-studied tourist route. Second, the analysis of examples to determine the solutions and techniques to be used and developed in our specific case. Finally, environmental respect, through climatic and energy analysis, and the improvement of thermal comfort with low energy consumption via simulations.

The result is a comprehensive tourist itinerary, including numerous facilities and sites, passing through five mosques, thirty craft workshops, ten famous places, seventeen traditional kitchens, and five water sources. Our project aims to restore the Casbah and create a balance along the tourist route in a way that preserves its original character while respecting the environment and improving thermal comfort with low energy consumption.

Through this project, we hope to enrich the tourism landscape of the Casbah of Algiers and restore it to its unique and original status as one of the best and oldest historical cities, telling numerous stories and tales in its alleys.

Key words: Energy Rehabilitation, Casbah of Algiers, Tourism and Technology, Thermal Comfort, Energy Efficiency.

ملخص

تزرخ الجزائر بمؤهلات سياحية كبيرة، خاصة من ناحية المعالم والأماكن التاريخية، مما يجعلها منطقة جذب سياحي. تُعدّ قصبه الجزائر واحدة من أهم وأعرق مدن حوض البحر الأبيض المتوسط، وقد تراكبت عليها الكثير من الحضارات. هذه الجوهره المعمارية توفر انغماسًا فريدًا في التاريخ والثقافة المحلية، وتجذب السياح والسكان المحليين بأثارها الشهيرة وأسواقها الحرفية وتجارب الطهي الأصيلة التي تهدف إلى تعزيز الثقافة والتنمية المحلية، مما يجعل من الواجب علينا الحفاظ عليها وحمايتها. من هذا المنطلق، اخترنا العمل على تطوير مسار سياحي جديد يضمن انسيابية أكبر ويعزز السياحة في هذه المنطقة، ويلبي احتياجات العائلات والشباب الذين يأتون لزيارتها، كما يهدف إلى الحفاظ على هذا الإرث للأجيال القادمة من خلال العديد من التحولات، بما في ذلك إعادة تأهيل المباني من ناحية استهلاك الطاقة ومن الناحية المعمارية، وهذا ما تناولناه في رسالتنا العلمية.

يعتمد عملنا على ثلاث مراحل: أولاً، التحليل الحضري الذي يجمع بين التحليل النمطي والتحليل الحسي والتحليل التاريخي وحتى تصنيف المرافق. أتاحت لنا هذه الخطوة تحديد النقاط الأساسية لإنشاء مسار سياحي بناءً على اختيار مدروس. ثانياً، تحليل الأمثلة لتحديد الحلول والتقنيات لاستخدامها وتطويرها في حالتنا الخاصة. ثالثاً، احترام البيئة من خلال تحليل المناخ والطاقة وتحسين الراحة الحرارية مع الاستهلاك المنخفض للطاقة عبر عمليات المحاكاة.

النتيجة هي مسار سياحي متكامل يشمل العديد من المرافق والمعالم، مروراً بخمسة مساجد، وثلاثين ورشة حرفية، وعشرة أماكن معروفة ومشهورة، وسبعة عشر مطبخاً تقليدياً، وخمسة عيون مائية. يهدف مشروعنا إلى إعادة ترميم القصبه وخلق توازن على مستوى المسار السياحي بطريقة تسمح بالحفاظ على طابعها الأصلي، مع مراعاة جانب احترام البيئة وتحسين الراحة الحرارية مع استهلاك منخفض للطاقة. من خلال هذا المشروع، نأمل في إثراء المشهد السياحي لقصبه الجزائر وإعادتها إلى مكانتها الأصلية والفريدة كواحدة من أفضل وأعرق المدن التاريخية التي تروي في أزقتها الكثير من القصص والروايات.

الكلمات المفتاحية: إعادة تأهيل الطاقة، قصبه الجزائر، السياحة و التكنولوجيا، الراحة الحرارية، الكفاءة الطاقوية.

Table de matières

CHAPITRE 01 : CHAPITRE INTRODUCTIF	12
<i>INTRODUCTION GENERALE.....</i>	<i>1</i>
<i>THEMATIQUE DE LA RECHERCHE</i>	<i>2</i>
<i>PROBLEMATIQUE GENERALE.....</i>	<i>4</i>
<i>PROBLEMATIQUE SPECIFIQUE</i>	<i>7</i>
<i>LES HYPOTHESES DE LA RECHERCHE.....</i>	<i>9</i>
<i>LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE</i>	<i>9</i>
<i>L'APPROCHE METHODOLOGIQUE.....</i>	<i>9</i>
<i>STRUCTURE DU MEMOIRE</i>	<i>11</i>
CHAPITRE 02 : ETAT DE L'ART	13
<i>INTRODUCTION</i>	<i>14</i>
<i>SECTION 01. IDENTITE ARCHITECTURALE</i>	<i>14</i>
1. L'identité en architecture, définition d'un concept.....	14
1.1. Concept de l'identité architecturale.....	15
1.2. Les dimensions de l'identité architecturale	15
1.3. Les facteurs qui influencent l'identité architecturale	16
2. Architecture vernaculaire	17
3. L'architecture vernaculaire une notion d'identité	17
4. L'esprit des lieux	18
5. Le patrimoine architectural	19
<i>SECTION 02. LES MODES D'INTERVENTION SUR LE PATRIMOINE BATI.....</i>	<i>19</i>
1. Sauvegarde	19
2. Conservation	19
3. Restauration	19
4. Rénovation	20
5. Réhabilitation	20
<i>SECTION 03. LA REHABILITATION ENERGETIQUE DU BATIMENT EXISTANT. 20</i>	
1. Définition La réhabilitation énergétique	20
2. Les différents niveaux de la réhabilitation énergétique	21
2.1. Réhabilitation légère	21
2.2. Réhabilitation moyenne.....	21
2.3. Réhabilitation lourde	21
2.4. Réhabilitation exceptionnelle	21
3. Les différentes formes de la réhabilitation énergétique	22
3.1. La réhabilitation subjective	22
3.2. La réhabilitation objective.....	22
4. Pourquoi réhabiliter un bâtiment énergétiquement ?	22

5. Les principes de la réhabilitation énergétique	23
5.1. Inertie thermique	23
5.2. L'étanchéité à l'air et les ponts thermiques	23
5.3. Les principes de base.....	23
6. La réhabilitation énergétique comme solution pour un meilleur confort	24
6.1. La réhabilitation énergétique et le confort thermique	24
6.1.1. Le confort thermique d'hiver.....	24
6.1.2. Le confort thermique d'été	25
6.2. L'isolation thermique comme solution pour un confort thermique optimal	25
6.2.1. Système d'isolation thermique par l'intérieur	25
6.2.2. Système d'isolation thermique par l'extérieur.....	26
7. La réhabilitation énergétique d'un bâti ancien.....	26
7.1. L'importance D'une Approche Globale, Du Diagnostic Au Choix Des Solutions Techniques	26
7.1.1. Un diagnostic complet d'un état existant	28
7.1.1.1. Le diagnostic patrimonial	28
7.1.1.2. Le diagnostic de l'état technique du bâtiment	29
7.1.1.3. Le diagnostic énergétique et environnemental	29
7.1.2. Le Choix De Solutions De Réhabilitation Selon Une Approche Multicritère	29
7.2. Recommandations particulières	30
7.2.1. Pour la prise en compte de La dimension patrimoniale.....	30
7.2.1.1. Intervention sur les menuiseries.....	30
7.2.1.2. Intervention sur les murs.....	31
7.2.1.3. Intervention sur les systèmes	31
7.2.2. Pour la prise en compte de la dimension énergétique et environnementale	31
7.2.2.1. Performance de l'enveloppe et des équipements	31
7.2.2.2. L'étanchéité à l'air	31
7.2.2.3. Impact environnemental.....	32
7.2.3. Pour la prise en compte de la dimension Technique	32
7.2.3.1. Interventions sur les parois	32
7.2.3.2. Ventilation et aération.....	32
8. Les stratégies et les techniques de la réhabilitation énergétique dans un bâtiment existant	32
8.1. Les caractéristiques constructives des bâtiments existants	33
8.1.1. Les murs	33
8.1.2. Les systèmes de recouvrement : plancher et coupoles	33
8.1.3. Les menuiseries extérieures (les ouvertures).....	34
8.2. Les techniques de la réhabilitation énergétique dans un bâtiment existant.....	34
8.2.1. Les murs	35
8.2.2. Les systèmes de recouvrement : plancher et coupoles	36
8.2.3. Les menuiseries extérieures (les ouvertures).....	37
8.2.4. Le chauffage	38
8.2.5. La ventilation.....	39
8.2.6. L'énergie solaire	40
SECTION 04. BIM & Réhabilitation Energétique : une collaboration précieuse.....	41
1. Définition de BIM : Building Information Modeling	41

2. Les avantages du BIM	42
3. Utilisation de BIM dans un projet de réhabilitation énergétique	42
4. Outil Insight de Revit : logiciel d'analyse des performances du bâtiment	43
4.1. Définition de l'outil Insight	43
4.2. Pourquoi utiliser Insight ?	43
5. Outil DesignBuilder : logiciel d'analyse et de simulation énergétique des performances du bâtiment	44
Conclusion	45
CHAPITRE 03 : CAS D'ETUDE	46
INTRODUCTION :	47
SECTION 01 : PARTIE URBAINE	47
1. Choix de la ville ; Alger la capitale	47
1.1. Présentation de l'aire de référence	48
1.2. Présentation de l'aire d'étude (La Casbah d'Alger)	48
1.3. Situation et accessibilité de la Casbah d'Alger	49
1.4. Motivations de choix	50
2. Analyse historique	51
2.1. Genèse de la Medina : La Casbah entre hier et aujourd'hui	51
3. Approche typo-morphologique	54
3.1. Présentation de l'approche	54
3.2. Analyse des quatre systèmes	55
3.2.1. Système bâti :	55
3.2.2. Système Viaire :	55
3.2.3. Système parcellaire :	56
3.2.4. Typologie des bâtiments de la Casbah d'Alger :	56
4. Approche méthodologique adoptée par Lynch :	57
4.1. Présentation de l'approche	57
4.1.1. Les voies :	57
4.1.2. Les limites :	58
4.1.3. Les nœuds :	58
4.1.4. Les points de repère :	59
4.1.5. Les quartiers :	59
5. Classement des équipements	60
5.1. Les équipements culinaires :	60
5.2. Les magasins artisanaux :	61
5.3. Les Mosquées :	62
5.4. Les équipements culturels	63
5.5. Les Ayouns	64
5.6. La collecte des déchets	65
6. Analyse climatique	66
7. Analyse énergétique	67
8. Approche AFOM	68
9. Le schéma d'action	69
10. Intervention urbaine	71
Conclusion	78

CHAPITRE 04 : DIAGNOSTIQUE / SIMULATION ET RESULTATS.....	79
1. Le choix du cas d'étude	80
1.1. Le choix de la zone d'étude :	80
1.2. La méthodologie adoptée :	80
1.2.1. Les documents de PPSMVSS.....	80
1.2.2. Investigation In-Situ	81
1.2.3. Fiches descriptives pour l'identification des cas d'étude	81
1.3. Les critères du choix des cas d'études	81
1.4. Présentation du corpus d'étude	82
A : Dar FARCHOUKH, La maison N°17 de la rue des Abderames.....	83
B : Dar EL-ZEMAN, la maison N°02 de la rue Kadi Said	83
C : La maison N°05 de la rue Bouherouya Sedek	83
2. Diagnostique de l'état de cas d'étude.....	84
Dar Farchoukh, située au numéro 17 de la rue des Abderames	85
Dar El-Zeman, située au N 02 de la rue Kadi Said.....	98
3. Guidance Wheel : Outil d'aide à la décision pour une réhabilitation responsable.....	111
4. Simulation du confort Thermique	114
4.1. Choix des logiciels et outils de simulation.....	114
4.2. Méthodologie travail	115
4.3. L'optimisation (Simulation Paramétrique).....	116
4.4. Variables de la conception	116
4.5. Présentation du cas simulé :	116
4.5.1. Dar Farchoukh, située au numéro 17 de la rue des Abderames	116
4.5.1.1. La modélisation de l'état actuel	117
4.5.1.2. Résultat et interprétation	117
4.5.2. Dar El-Zman, située au maison N 02 de la rue Kadi Said.....	120
4.5.2.1. La modélisation de l'état actuel	120
4.5.2.2. Résultat et interprétation	120
Conclusion	123
Conclusion Générale.....	124
BIBLIOGRAPHIE.....	126
Liste des figures	130
Liste des tableaux	134
ANNEXES	135
ANALYSE DES EXEMPLES	136
Synthèse de l'analyse des exemples	145
PARTIE STARTUP	146

CHAPITRE 01 :
CHAPITRE
INTRODUCTIF

INTRODUCTION GENERALE

Dans un monde de plus en plus conscient de l'impact environnemental de ses activités, l'architecture occupe une position centrale dans la quête d'un développement durable. L'option architecture, environnement et technologie vise à répondre aux défis contemporains en intégrant des pratiques respectueuses de l'environnement tout en assurant un niveau de confort élevé répondant aux nouveaux standards. Le secteur de la construction est responsable d'une part significative des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation d'énergie et de l'exploitation des ressources naturelles. Il est donc impératif d'adopter des approches innovantes et durables dans la conception et la construction des bâtiments.

L'atelier E-Cow Built est une initiative pédagogique intégrée dans le cadre du Master 2 visant à fournir aux étudiants des compétences pratiques et théoriques dans le domaine de l'architecture durable, de la construction écologique et des technologies de pointe. Cet atelier est conçu pour combiner les aspects théoriques avec des expériences pratiques, tout en mettant un accent particulier sur l'innovation et la durabilité.

Cet atelier se concentre sur deux aspects ayant pour objectif l'optimisation de l'efficacité énergétique, et ne se limitant pas seulement à la construction de nouveaux bâtiments. La réhabilitation énergétique des bâtiments existants est tout aussi cruciale, car elle implique la rénovation des structures pour améliorer leur performance thermique et énergétique. Cela peut comprendre l'isolation des murs, des toits et des planchers, le remplacement des fenêtres par des modèles à haute performance énergétique, et l'installation de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation plus efficaces. C'est pour cette raison que certaines thématiques traitent de la modernisation des bâtiments anciens, permettant non seulement de prolonger leur durée de vie, mais aussi d'améliorer le confort des occupants et de réduire les coûts énergétiques.

Les thématiques traitées par les différents étudiants se focalisent sur le confort des occupants, qui est un aspect indissociable de cette démarche, d'autres se concentrent sur les certifications LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ou BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), mettant l'accent sur la qualité de vie à l'intérieur des bâtiments. Cela inclut le contrôle de la température, de la qualité de l'air, de l'acoustique et de l'éclairage naturel. Des technologies avancées permettent de réguler ces paramètres de manière intelligente, créant ainsi des environnements de vie et de travail agréables tout en réduisant la consommation énergétique.

Les différents objectifs de cet atelier visent l'intégration dès la conception les principes de durabilité et de haute performance énergétique, et ainsi choisir dès le départ des matériaux à faible impact environnemental, concevoir des structures optimisées pour l'efficacité énergétique et intégrer des systèmes de gestion de l'énergie. Sensibiliser les étudiants sur les stratégies passives tels que l'orientation des bâtiments, leur forme et l'utilisation de technologies comme les panneaux solaires ou les pompes à chaleur jouant un rôle crucial dans la réduction de l'empreinte écologique. De plus, la construction modulaire et les techniques de préfabrication peuvent réduire les déchets de construction et améliorer l'efficacité du processus.

L'atelier se concentre également sur l'utilisation des outils numériques, tels que la modélisation des informations du bâtiment (BIM) et la simulation des performances énergétiques des bâtiments, afin d'optimiser leur conception pour maximiser l'efficacité énergétique et évaluer l'impact environnemental à travers ces différents outils.

Cette démarche permet d'anticiper et de réduire les impacts environnementaux dès les phases de conception et de construction, car ces technologies offrent une vision globale du projet et facilitent la prise de décisions éclairées en matière de durabilité.

L'option architecture, environnement et technologie ne se limite pas à l'adoption de nouvelles techniques de construction ou à la réhabilitation énergétique. Elle inclut également une réflexion plus large sur l'urbanisme et la planification territoriale. Les éco-quartiers et les villes intelligentes émergent comme des réponses intégrées aux défis du développement durable, s'évertuant à optimiser l'utilisation des ressources, à réduire les déplacements en voiture grâce à une mixité fonctionnelle et à favoriser les modes de transport doux.

En conclusion, l'intégration de l'architecture, de l'environnement et de la technologie représente une réponse nécessaire et ambitieuse aux défis du changement climatique et de la transition énergétique. Elle exige une approche holistique, combinant la construction neuve et la réhabilitation des bâtiments existants, pour créer des environnements bâtis qui sont à la fois durables, confortables et résilients.

THEMATIQUE DE LA RECHERCHE

En 2019, les émissions générées par l'exploitation des bâtiments ont atteint un nouveau sommet. Cette évolution a poussé le secteur encore plus loin d'atteindre son potentiel d'atténuation du changement climatique et de contribuer de manière significative aux objectifs énoncés dans l'Accord de Paris *qui «souligne le besoin urgent d'une triple stratégie pour*

réduire agressivement la demande énergétique dans l'environnement bâti, décarboniser le secteur de l'électricité et mettre en œuvre des stratégies de matériaux qui réduisent les émissions de carbone sur le cycle de vie » (Inger Anderson, 2020). Il est donc urgent de prendre des mesures pour réduire la consommation énergétique, afin d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre et à l'amélioration de la sécurité énergétique dans le secteur de la construction, qui est un gros consommateur d'énergie et de ressources naturelles.

Les bâtiments actuels et récents jouent un rôle considérable dans la consommation mondiale d'énergie, représentant environ 30% de la consommation d'énergie finale globale et 26 % des émissions mondiales liées à l'énergie (8 % étant des émissions directes dans les bâtiments et 18% des émissions indirectes liées à la production d'électricité et de chaleur utilisées dans les bâtiments) **(Chiara Delmastro et Olivia Chen,2023).**

Les émissions directes du secteur du bâtiment ont diminué en 2022 par rapport à l'année précédente, malgré des températures extrêmes qui font augmenter les émissions liées au chauffage dans certaines régions. Durant la même année, la consommation énergétique du secteur du bâtiment a augmenté d'environ 1 %. **(Chiara Delmastro et Olivia Chen,2023).** Cette utilisation intensive d'énergie découle principalement des besoins de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, et de l'équipement électroménager.

Pour atteindre l'objectif cité auparavant, il est essentiel de développer des solutions innovantes visant à réduire la consommation d'énergie des bâtiments et des constructions existantes, tout en soutenant la construction de nouveaux édifices à haute performance énergétique et environnementale.

De plus, l'énergétique du bâtiment se positionne comme une discipline clé, analysant les besoins, la consommation et la performance énergétique des bâtiments, ainsi que les moyens d'optimisation.

Actuellement, les nouvelles constructions sont conçues en mettant l'accent sur l'efficacité énergétique et l'empreinte environnementale réduite, en utilisant des matériaux à faible émission de carbone, des technologies respectueuses de l'environnement, et des solutions basées sur la nature. Cependant, la majeure partie des bâtiments existants ne répondent pas à ces normes.

Ainsi, la réhabilitation énergétique émerge comme une solution essentielle pour améliorer la performance énergétique et environnementale des bâtiments existants et pour répondre aux exigences du confort actuel. **(Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, 2018)**

Selon Pascale Joffroy (1999), la réhabilitation consiste à améliorer un bâtiment tout en préservant sa fonction principale et en prolongeant sa durée de vie. Cette approche s'applique non seulement au patrimoine historique bien connu, mais aussi au patrimoine immobilier ordinaire, y compris les bâtiments sans caractéristiques spécifiques qui nécessitent une transformation. **(Joffroy Pascale, 1999)**

Quant à la réhabilitation thermique du bâtiment, cette dernière correspond à l'amélioration de l'édifice notamment son enveloppe, car elle constitue un échangeur thermique entre l'intérieur et l'extérieur. Cette opération comprend des modifications légères comme l'ajout d'isolation extérieure, le remplacement des fenêtres, ou des transformations plus substantielles telles que l'isolation intérieure et la réorganisation des espaces en fonction de l'orientation solaire, en incluant des ajouts tels que des serres ou des vérandas. **(G. Alexandroff et J.M. Alexandroff, 1982)**

Récemment, le Building Information Modeling (BIM), ou Modélisation des Informations de la Construction, émerge comme une méthode de travail collaborative incontournable pour concevoir, construire et gérer les bâtiments de manière optimale.

En revanche, les BIM intègrent toutes les données techniques et environnementales dans un modèle numérique en 3D, servant de référence tout au long du cycle de vie du projet **(SINIAT,2024)**. Il permet d'améliorer l'efficacité énergétique en facilitant la simulation, l'analyse, et la comparaison des performances thermiques, acoustiques, et lumineuses des différentes options **(Emmanuel Di Giacomo , 2021)**.

De plus, le BIM réduit les coûts, les délais, et les risques liés à la construction, en favorisant la coordination, la communication, et la transparence entre les intervenants du projet **(CEBATEC, 2014)**. Enfin, le BIM simplifie la maintenance, la réhabilitation, et la valorisation du patrimoine bâti en offrant une vision précise et une mise à jour de l'état des équipements et des besoins d'intervention.

PROBLEMATIQUE GENERALE

Lors de la 27e Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques (COP27). L'Algérie a joué un rôle significatif en délivrant une déclaration de haut niveau qui témoigne de son engagement envers la protection de l'environnement et la réduction des émissions de gaz

à effet de serre. Cette déclaration a souligné l'importance de la coopération internationale pour relever les défis climatiques.

De plus, l'Algérie a initié un plan de relance de l'économie verte, favorisant une économie plus durable à travers des mesures telles que le recyclage, le soutien aux industries de transformation, et des incitations fiscales pour les entreprises industrielles réduisant leurs émissions et déchets nocifs pour l'environnement.

Au cours de la dernière décennie, les secteurs de la construction et de l'immobilier en Algérie ont connu une croissance constante et significative. Les promoteurs, tant privés que publics, ont lancé divers projets, allant des initiatives gouvernementales à grande échelle, tels que la construction **d'un million de logements sociaux**¹ et d'infrastructures socio-éducatives et administratives, à des développements immobiliers majeurs, y compris des projets résidentiels et commerciaux, ainsi que des projets liés au secteur touristique. Cependant, il n'y avait aucune initiative visant à améliorer le confort thermique de ces projets, malgré l'augmentation des exigences, normes internationales en matière de performance énergétique et environnementale des bâtiments (ISO 52000-1 ; ISO 52003-1 ; ISO 12655).

Récemment, l'isolation thermique des bâtiments est devenue une préoccupation majeure en Algérie. Selon le rapport du plan de relance économique 2020-2024 élaboré par le gouvernement, des efforts sont déployés pour améliorer l'isolation thermique des bâtiments résidentiels et commerciaux en Algérie. Cela s'inscrit dans le cadre de la construction de 100000 nouvelles structures par an, la réhabilitation de 50 000 logements par an et aussi l'amélioration des performances énergétiques des équipements électroménagers (**Plan de relance économique 2020-2024, 2020**). Car la nouvelle réglementation thermique algérienne vise à réduire la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation des bâtiments.

En Algérie, les bâtiments anciens souffrent souvent d'une isolation inadéquate et affichent une faible performance énergétique. (MAMMERI Nawel et MANSOURI Asma, 2017). Ils représentent donc une signification de la consommation d'énergie, contribuant ainsi au changement climatique et à la pollution de l'air.

Par conséquent, la réhabilitation énergétique des bâtiments anciens est devenue un objectif de première importance. Cette approche permet non seulement de réduire la consommation

¹ Le gouvernement algérien s'est engagé à construire **un million de logements sociaux**, toutes formules confondues, au cours du programme quinquennal 2020-2024. Le but est de garantir un cadre de vie adéquat en matière de logement pour les citoyens.

d'énergie, mais également d'améliorer le confort des occupants tout en contribuant à la préservation de l'environnement.

Malheureusement, en Algérie, la réhabilitation énergétique des bâtiments est entravée par plusieurs défis. Tout d'abord, un manque de sensibilisation parmi le grand public, les propriétaires de bâtiments et les professionnels du secteur de la construction rend difficile l'adoption de ces réhabilitations, car les avantages en termes d'économies d'énergie et d'impact environnemental sont souvent mal compris.

De plus, l'absence de normes et de réglementations strictes en matière d'efficacité énergétique dans le secteur de la construction en Algérie peut encourager des pratiques de construction moins orientées vers l'économie d'énergie. De surcroît, la difficulté à trouver des matériaux d'isolation de haute qualité et des équipements économes en énergie sur le marché local complique la mise en œuvre de la réhabilitation énergétique.

Mise à part le projet TAKA NADIFA² en Algérie, qui représente une initiative majeure en matière d'énergies renouvelables pour promouvoir l'énergie solaire en installant des panneaux solaires sur les toits des bâtiments, les centrales électriques et les infrastructures publiques, aucune autre initiative n'a pu être établie. Cependant, ce projet a été confronté à divers obstacles, notamment un manque de financement, un cadre juridique peu favorable et une faible sensibilisation des citoyens, entravant sa pleine réalisation (**Programme d'appui au secteur des énergies renouvelables, principalement électriques, et de l'efficacité énergétique en Algérie - TAKA NADIFA-,2019**).

Pour relever ces défis, il est essentiel de mettre en place des actions de sensibilisation, de renforcer l'adoption de normes strictes en matière d'efficacité énergétique, d'améliorer l'accès aux matériaux et aux technologies appropriés, tout en favorisant des pratiques de réhabilitation durable.

Dans la continuité de ce qui précède, un questionnaire nous interpelle sur l'aspect thermique des bâtiments :

La réhabilitation énergétique est-elle une option viable pour améliorer le confort thermique des bâtiments historiques en Algérie ?

² **TAKA NADIFA** : Le projet TAKA NADIFA est un programme de coopération entre l'Algérie et l'Union européenne dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

PROBLEMATIQUE SPECIFIQUE

La Casbah d'Alger, est une médina unique, un lieu de mémoire et d'histoire, elle comprend des vestiges tels que la citadelle, des mosquées anciennes, des palais ottomans, des hammams mais aussi les habitations traditionnelles, classée site historique national en 1991 et inscrite au patrimoine de l'Organisation des Nations unies (UNESCO)³ en 1992.

La vieille ville d'Alger est en fait considérée comme un modèle original de fonctionnement et de gestion d'un ensemble urbain. Elle est l'un des témoins d'une pratique locale efficace, qui à travers des siècles a eu un rôle très important dans le bassin méditerranéen. Sa position topographique, son urbanisme pittoresque et ingénieux et les différentes caractéristiques de son architecture lui procure une singularité unique (**Benchekroun Marwa,2019**).

De plus, la Casbah d'Alger représente un lieu fascinant qui offre une expérience unique aux visiteurs par des circuits touristiques bien définis qui permettent de découvrir les principaux sites de la Casbah et de s'imprégner de son histoire et de sa culture. Le circuit touristique de la Casbah offre une expérience immersive dans l'histoire riche et la diversité architecturale de ce quartier fascinant. Les visiteurs peuvent déambuler dans les 250 ruelles sinueuses, découvrir des bâtiments séculaires aux murs blanchis à la chaux, des palais ottomans magnifiquement ornés, des mosquées anciennes, des mausolées, des souks animés et des places pittoresques. Le sommet de la Casbah offre également une vue, qui n'est pas masquée par d'autres bâtiments, sur le golfe d'Alger et la mer Méditerranée. En explorant ce labyrinthe urbain, les touristes ont l'occasion de plonger dans la culture algérienne, de goûter à la cuisine locale et de rencontrer des habitants accueillants.

Dans le but d'attirer davantage de touristes et de motiver le secteur touristique de la Casbah d'Alger, les autorités ont mis en place un circuit touristique reliant la partie basse à la partie haute de la Casbah, s'étendant jusqu'à la citadelle d'Alger. Ce circuit traverse plusieurs points historiques, propose des expositions, met en avant l'artisanat local et offre même des expériences culinaires authentiques, enrichissant ainsi cette visite d'une dimension culturelle supplémentaire.

Bien que ce circuit touristique offre une belle opportunité de découvrir la Casbah d'Alger, il présente néanmoins plusieurs points négatifs. En effet, il ne parvient pas à offrir une image complète et réelle de la vieille ville d'Alger. De nombreux monuments historiques majeurs tels

³ **UNESCO** : créée le 16 novembre 1945. Son objectif principal est de promouvoir la paix et la sécurité dans le monde en favorisant la collaboration internationale dans les domaines de l'éducation, la science et la culture.

que les mosquées, les fontaines (Ayoun), les ateliers d'artisanat et espaces culinaires sont négligés. De plus, certaines des maisons célèbres au cœur de la Casbah ne sont pas incluses dans le parcours. L'aspect sensoriel de cette expérience est également peu exploité, et de nombreuses séquences historiques significatives qui pourraient enrichir le récit de ce "musée au ciel" sont omises. Enfin, il existe même des problèmes d'organisation, qui sont également relevés, pouvant potentiellement entraver l'évacuation en cas d'urgence.

L'ancienne Médina d'Alger est considérée comme un musée à ciel ouvert riche en patrimoine matériel et immatériel, reflétant les multiples civilisations qui l'ont influencée. Toutefois, ce trésor culturel d'une grande valeur architecturale et historique a souffert de la négligence et de l'oubli, les maisons s'effondrent à tour de rôle, en se transformant d'un chef d'œuvre architectural comblé et remplis de valeurs patrimoniales, à des vestiges et des ruines.

Cette dégradation requiert une action immédiate. Les autorités comme les habitants s'investissent pour restaurer et redonner vie au quartier. Partout, de grands échafaudages soutiennent les murs et enveloppent les façades. Le plan de restauration de la Casbah couvre une dizaine de monuments historiques et 200 maisons pour un budget de 170 millions d'euros. L'enjeu est de sauver un patrimoine en péril, mais aussi de développer le tourisme en Algérie. **(Chloé DOMAT, Vincent ROUX, Miyuki DROZ-ARAMAKI, 04 Octobre 2019).**

Dans ce contexte, la réhabilitation énergétique n'est pas encore la première priorité des autorités, malgré son importance pour préserver le patrimoine matériel, tout en répondant aux besoins de confort des usagers avec une consommation énergétique modérée et rationnelle, c'est ce qui est absent dans notre cas d'étude.

Le Building Information Modeling (BIM) peut être une méthode efficace pour planifier, concevoir et mettre en œuvre des projets de réhabilitation énergétique. En intégrant des données précises sur la performance énergétique dans les modèles BIM, les professionnels peuvent évaluer plus précisément l'impact des changements proposés et optimiser les solutions pour maximiser l'efficacité énergétique. Toute cette réflexion nous a mène à nous poser les questions suivantes :

Comment peut-on créer un autre itinéraire touristique rendant la visite de la Casbah d'Alger plus captivante et enrichissante ?

De quelle manière le BIM peut-il contribuer à optimiser les décisions et à accroître l'efficacité ainsi que la rapidité de la réhabilitation énergétique à la Casbah d'Alger ?

LES HYPOTHESES DE LA RECHERCHE

Pour répondre aux questions posées, nous avons construit les hypothèses suivantes :

- Un itinéraire alternatif se basant sur les différents endroits culinaires, artisanales et historique, peut-il assurer une expérience touristique riche et similaire.
- L'isolation des murs et des toits, et la mise à niveau des systèmes de chauffage et de refroidissement. Comme techniques de réhabilitation énergétique pourraient assurer l'efficacité énergétique des anciens bâtis de la Casbah d'Alger.
- Le BIM pourrait aider à évaluer et comparer les -différentes options d'amélioration énergétique en termes de coûts, d'efficacité énergétique et d'impact sur le temps de mise en œuvre.

LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

- Mettre en valeur la réhabilitation énergétique comme une solution majeure en Algérie afin de réduire la consommation d'énergie.
- Améliorer le confort des occupants de la Casbah d'Alger en optimisant la température, l'humidité et l'éclairage.
- Garantir une efficacité énergétique du bâtiment à réhabiliter en réduisant les besoins de chauffage et de climatisation.
- Requalifier le bâtiment en proportion des modifications possibles, au regard de son caractère initial.
- L'optimisation des solutions de réhabilitation pour assurer l'efficacité énergétique en utilisant l'outil BIM.

L'APPROCHE METHODOLOGIQUE

Notre travail a été divisé en 2 phases, **une phase théorique et une phase analytique.**

La phase théorique : se basant sur une recherche documentaire à partir des sources bibliographiques (les livres, les articles et des mémoires), sur les concepts de la réhabilitation énergétique, la réhabilitation thermique, ainsi que tous les aspects liés à ce sujet. De plus, une étude sur les parcours touristiques a été réalisée pour concevoir un itinéraire respectant les critères du circuit touristique., aussi une collecte des données a été faite pour avoir des informations sur la commune de la Casbah. Parmi ces données nous citons le plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur du secteur sauvegardé (PPSMVSS), le Plan de Développement et d'Aménagement Urbain (PDAU), le Plan d'Occupation de Sol (POS) ...

pour mieux comprendre les objectifs proposés visant à améliorer la situation de la Casbah d'Alger.

La phase analytique : se dévisse en trois analyses,

La première : Une analyse des exemples,

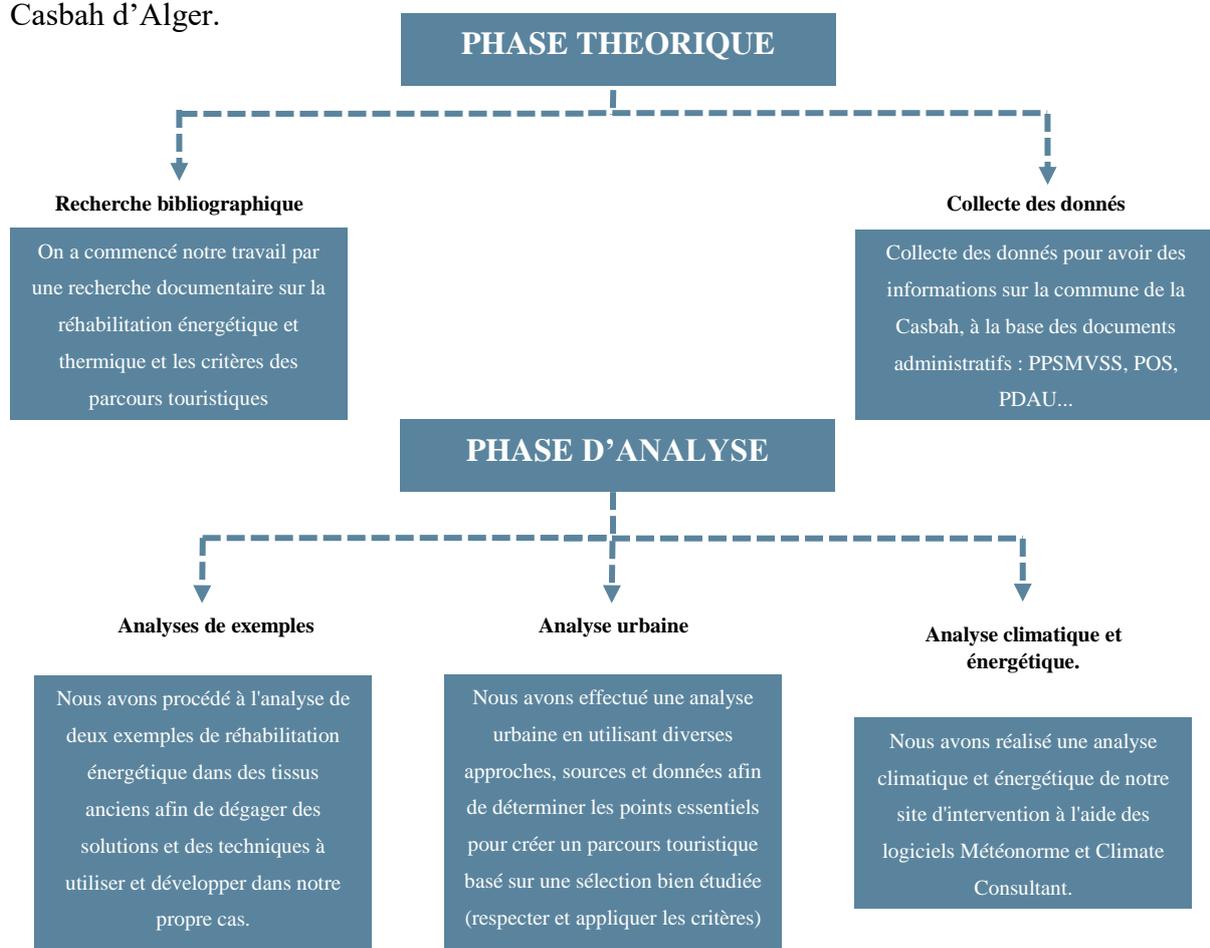
La deuxième : Une analyse urbaine.

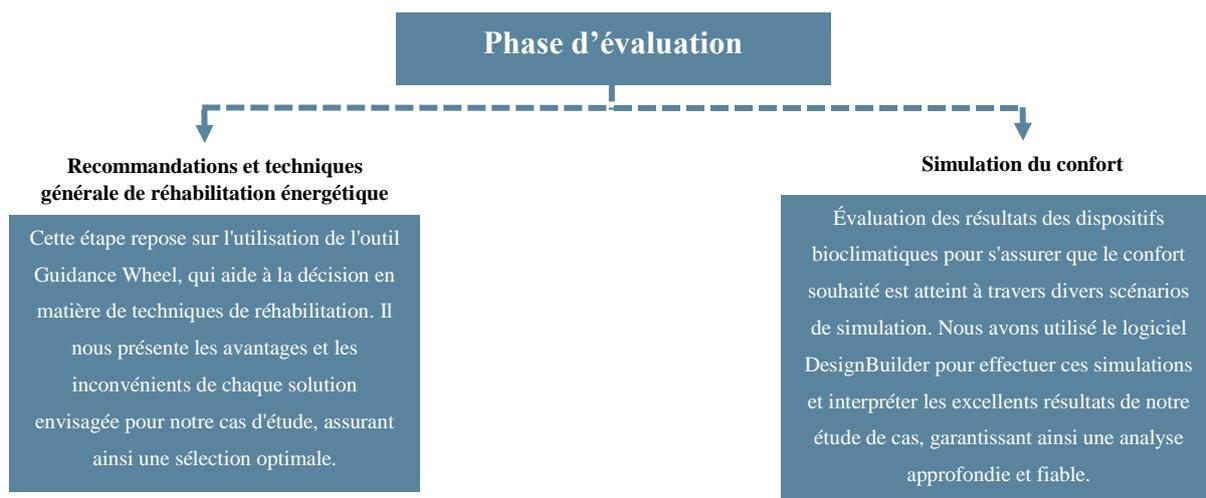
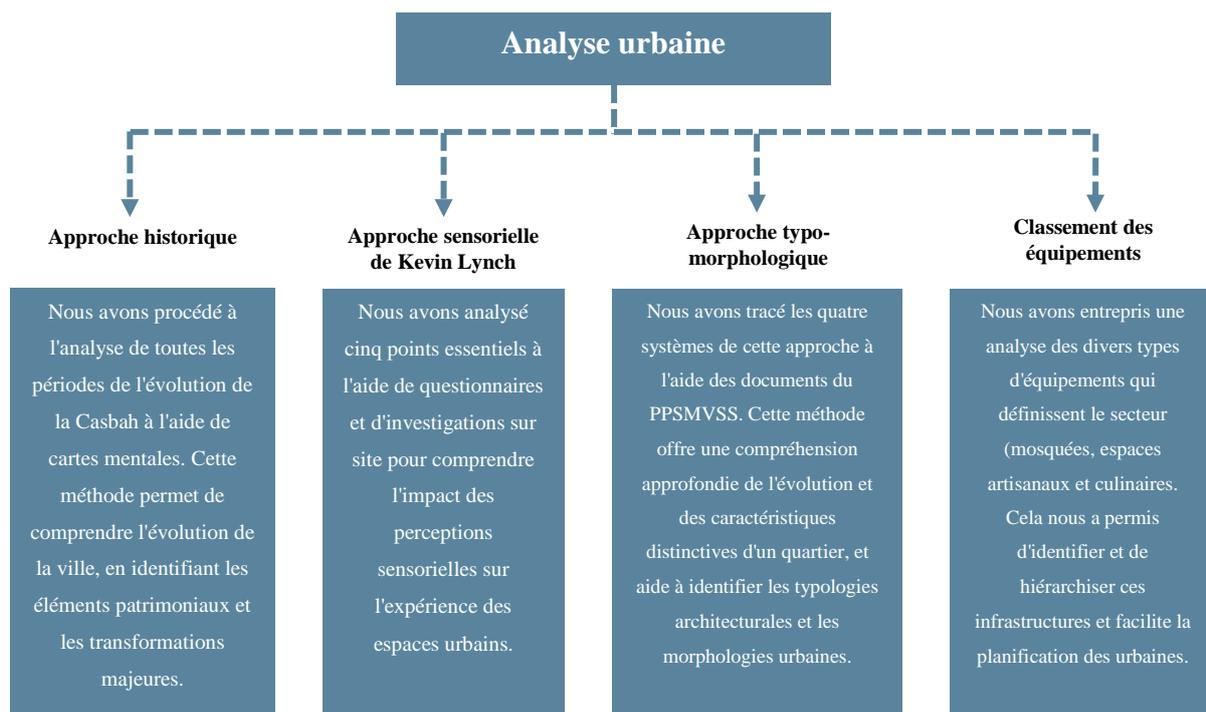
La troisième : Une analyse climatique et énergétique.

Pour l'analyse des exemples, nous avons examinés deux bâtiments pris d'un tissu ancien qui sont en position similaire avec notre cas d'étude.

Pour l'analyse urbaine on a adopté plusieurs types d'analyse tels que l'analyse sensorielle en se basent sur le livre de KEVIN LYNCH : « *l'image de la cité* », l'analyse Space Syntax comme outils d'analyse géographique, afin de localiser les nœuds et les point de repères tirés de l'analyse sensorielle dans notre site.

De plus, les questionnaires et les investigations effectués sur site avaient pour but de diviser notre secteur en plusieurs quartiers et connaître, découvrir et explorer le réseau routier de la Casbah d'Alger.





STRUCTURE DU MEMOIRE

Le mémoire est structuré en quatre grands (04) chapitres, dont nous résumons l'essentiel ci-dessous :

CHAPITRE 1 : Ce premier chapitre commence par une introduction générale qui présente le thème de l'atelier « Architecture, environnement et technologie », ainsi que la méthode suivie dans notre atelier. Il aborde également la problématique générale et spécifique au contexte de l'étude, en formulant les hypothèses pertinentes ainsi que la méthodologie adoptée pour traiter la question soulevée, en particulier celles liées à la réhabilitation énergétique et au confort thermique, thème central de notre recherche.

CHAPITRE 2 : état de l'art : Dans ce deuxième chapitre, une étude basée sur des références scientifiques est entreprise afin de saisir les concepts entourant notre problématique. Cela englobe la définition, différents niveaux, différentes formes, les principes, la méthode et les solutions de réhabilitation énergétique. De plus, ce même chapitre englobe l'analyse des exemples selon qui visent à identifier les solutions énergétiques et les techniques relative à la réhabilitation énergétique d'un bâtiment ancien.

CHAPITRE 3 : Le cas d'étude : Ce chapitre est divisé en trois sections distinctes : la première est consacrée à l'analyse de la zone de référence, incluant l'accessibilité, la situation et les critères de sélection. La deuxième section se concentre sur l'analyse urbaine de la ville, en utilisant différentes approches telles que l'approche historique, la morphologie urbaine, les aspects sensoriels, le classement des équipements ainsi qu'analyse climatique et énergétique. Ceci permettra de dégager les principes directeurs de l'intervention urbaine et son impact sur l'environnement. Enfin, la troisième partie est dédiée aux interventions urbaines visant à choisir le meilleur parcours touristique qui englobe toute la Casbah, offrant ainsi une expérience touristique complète à la fois physique et morale.

CHAPITRE 04 : diagnostique / simulation et résultats : Ce chapitre est consacré à la simulation du confort thermique et à la consommation énergétique du cas d'étude à travers plusieurs étapes : corpus d'étude, analyse du diagnostic actuel, recommandations générales à l'aide de l'outil Guidance Wheel, et enfin interprétation des résultats pour garantir un confort optimal avec une utilisation réduite de l'énergie.

CHAPITRE 02 : ETAT DE L'ART

INTRODUCTION

Depuis plus de 20 ans, des concepteurs, architectes et ingénieurs s'efforcent de démontrer l'urgence de repenser les pratiques, les méthodes et les propositions de construction et de conception afin de réduire leur impact sur l'environnement. Cet enjeu est crucial, non seulement d'un point de vue technique, mais surtout sur les plans social, économique et environnemental. **(Bruno Peuportier, Patrick Schalbart, 2022)**. Le secteur du bâtiment est l'un des premiers consommateurs d'énergie et le deuxième émetteur de gaz à effet de serre d'origine énergétique après le transport. **(Carole-Anne Sénit, 2015)**. Par conséquent, c'est un secteur qui offre d'importantes opportunités pour réduire la demande énergétique. Il est donc nécessaire de mettre en place des initiatives telles que la réhabilitation énergétique des bâtiments afin de progresser dans le domaine de la maîtrise de l'énergie. Cette initiative à l'objectif d'améliorer le confort thermique et la réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments anciens.

Ce chapitre vise à acquérir les connaissances nécessaires pour soutenir les hypothèses énoncées dans le premier chapitre de ce mémoire, centrées sur la réalisation de la réhabilitation énergétique dans un tissu ancien de la Casbah d'Alger avec le BIM comme outil. Il est divisé en cinq parties complémentaires. La première partie aborde l'identité architecturale, la deuxième traite des modes d'intervention sur le patrimoine bâti. La troisième partie se concentre sur la réhabilitation énergétique du bâtiment existant, en explorant les techniques associées à cette démarche. La quatrième partie comprend une analyse des cas d'études, tandis que la cinquième partie explore l'utilisation du BIM dans ce type d'intervention.

En conclusion de ce chapitre, une synthèse est présentée, incluant une conclusion générale de toutes les sections, ainsi que les méthodes, techniques et principes qui seront appliqués durant de notre projet.

SECTION 01. IDENTITE ARCHITECTURALE

1. L'identité en architecture, définition d'un concept

La compréhension de l'identité varie en fonction des intervenants qui en discutent, car elle a été définie et employée dans divers domaines tels que la philosophie, la psychologie, l'anthropologie, l'ethnologie, architecture... etc. Donc, la notion d'identité suscite de multiple réflexion

1.1. Concept de l'identité architecturale

- **L'identité architecturale**

L'architecture édifie, crée et interprète l'identité en définissant de nombreux styles, époques et techniques variés. Elle représente visuellement des idées, des existences et des civilisations à travers des signes, des symboles et des expressions. La perception, la forme, la couleur et l'ordre peuvent contribuer à former une identité architecturale. Considérée comme une production culturelle, l'identité architecturale est explorée par plusieurs auteurs qui examinent la conception de projets, la considérant comme une création culturelle porteuse de références identitaires liées à la culture locale ou mondiale. (Salma Salah El-Essawy, Adham M. Hany Abulnour,2018)

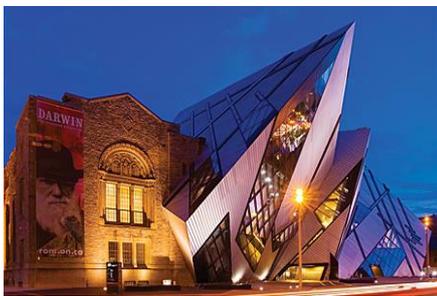


Figure 1. Musée royal de l'Ontario, Toronto. Source : <https://journals.openedition.org/crau/412>

- **L'identité urbaine**

La notion "d'identité urbaine" devient pratique dès lors que l'on envisage une communauté urbaine comme un acteur social. L'identité d'une collectivité représente un puissant moyen d'influer sur celle-ci. (Selatnia Mohamed Tayeb,2015)



Figure 2. La ville de Gembloux et la ville de Hafencity à Hambourg Germany. Source : <https://abes-online.com/fr/guides/urbanisme-developpement-urbain-et-identite/>

1.2. Les dimensions de l'identité architecturale

Selon Jean, l'architecture se présentait comme une création d'images, une définition culturelle. Il observait que plus l'architecte maîtrise la matière, plus il peut se consacrer aux dimensions sensible ou symbolique de l'architecture. L'objectif qu'il poursuivait dans plusieurs projets était l'expression d'une identité, que ce soit celle du projet lui-même ou celle du contexte. Cette expression reposait sur une méthode fondée sur trois dimensions (SAOUD Roumaïssa,2018) :

- **La dimension utilitaire ou fonctionnelle**

Cette dimension repose sur la fonction et l'usage de cet élément dans la conception, ainsi que sur la signification identitaire de cette utilisation.

- **La dimension symbolique ou significative**

Cette dimension révèle une valeur temporelle à travers l'emploi de symboles, de signes, de proportions, d'éléments pouvant être visibles ou non et inspirés de l'époque ou de la civilisation à identifier. Elle doit mettre en évidence la spécificité de cette période.

- **La dimension esthétique**

Fondée sur l'utilisation d'éléments et des composants qui permet à l'utilisateur de créer une qualité visuelle et esthétique distinctive, cette approche repose sur des signes et symboles spécifiquement sélectionnés, qu'ils soient visuels ou sensoriels, afin d'assurer une lisibilité optimale.

1.3. Les facteurs qui influencent l'identité architecturale

- **Les facteurs culturels**

La conception des bâtiments et des espaces peut refléter la culture et le mode de vie de leurs résidents. Il est indéniable que l'architecture constitue l'une des expressions de la civilisation et de la culture au sein d'une communauté. Des éléments tels que la forme, la taille, les décorations et le style de construction sont influencés par les pratiques culturelles d'une société. (**Saurav Koirala,2021**).

- **Les facteurs historiques**

Il constitue l'élément essentiel pour préserver toutes les informations et compétences nécessaires à l'excellence dans ce domaine. Son rôle est crucial dans la création et la préservation des expressions culturelles à travers des édifices et des habitations, permettant ainsi aux anciens bâtiments de devenir des symboles emblématiques d'une région ou d'une culture. (**Olena REMIZOVA,2020**).

- **Les facteurs politico-sociaux**

Les éléments économiques jouent également un rôle crucial dans le développement de l'identité architecturale d'une région. Le problème majeur actuel réside dans la forte demande de logements, suscitant des inquiétudes quant à la construction rapide et en grande quantité, sans accorder une importance suffisante à la qualité. Ce problème influence directement les styles architecturaux, l'urbanisme et le développement architectural.

2. Architecture vernaculaire

La conception architecturale de chaque communauté participe à la construction de son identité en transmettant le message, l'idée et les caractéristiques distinctives liées à cette communauté spécifique. Cela englobe des éléments tels que la forme du bâtiment, les matériaux utilisés, les détails architecturaux, les façades, l'histoire et les références culturelles. Ces aspects reflètent cinq approches architecturales distinctes : Approche vernaculaire, Approche traditionnelle, Approche adaptative, Approche moderniste, Approche populiste.

- **Définition de l'architecture vernaculaire**

« Une architecture plus réservée à caractère régional, des édifices qu'on peut difficilement qualifier de monument » (*Nicolas Moutsopoulos, 1985*). Il s'agit des architectures vernaculaires ; Elles sont présentes dans la plupart des pays du monde et constituent une part importante du cadre bâti de l'humanité. (*Alain Viaro, Arlette Ziegler, 1983*). Une universalité s'accompagne d'une diversité considérable de formes et de techniques, chacune adaptée aux besoins spécifiques des sociétés humaines qui les ont érigées ainsi qu'aux conditions locales. (Ouvrage collectif, 1982). Toutes les expressions d'architecture vernaculaire sont conçues en vue de répondre à des besoins spécifiques, en tenant compte des valeurs, des économies et des modes de vie propres à chaque communauté.

Par conséquent, les bâtiments vernaculaires représentent des structures architecturales apparues en réponse aux besoins des sociétés antérieures à l'ère industrielle. Ces constructions ont été élaborées pour s'ajuster à la région, au climat et aux matériaux disponibles localement. (*Parinaz Motealleh, Maryam Zolfaghari, 2016*).



Figure 3. Patrimoine Sud Tunisien (Architecture vernaculaire). Source : <https://patrimoine-sud-tunisien.tn/fr/categories/6/architecture-vernaculaire>



Figure 3. architecture vernaculaire en Algérie. Source : <https://voirenvrai.nantes.archi.fr/?p=7885>

3. L'architecture vernaculaire une notion d'identité

L'identité revêt une importance cruciale dans l'architecture vernaculaire. Celle-ci émerge d'un processus de conception intégrant l'utilisation judicieuse des ressources et la prise en compte de la culture locale. Ces deux éléments définissent la nature vernaculaire, conférant ainsi une

identité distinctive à l'architecture d'une communauté et lui impriment son caractère unique

❖ **Ressources : Matérialité, climat, site.**

Cela inclut, par exemple, non seulement la matérialité qui émane d'un lieu, mais aussi la manière dont nous l'utilisons et nous protégeons du climat. La topographie, les voies navigables et la géologie du sol sont des facteurs environnementaux qui influencent la conception des bâtiments. Dans la construction vernaculaire il s'agit d'utiliser toutes ces ressources ou de s'y adapter. (**Rapport réalisé par Nomadeis,2012**).

❖ **Culture : Typologie, mise en œuvre, savoir-faire.**

Dans l'architecture vernaculaire, le domaine culturel occupe une place prépondérante, comme le souligne Amos Rapoport dans son ouvrage intitulé "Pour une anthropologie de la maison » (**Amos Rapoport,1972**), il met en lumière l'importance des facteurs socioculturels et des conditions environnementales dans la conception des habitations populaires.

Les constructions vernaculaires prennent en considération les modes de vie d'une communauté, ses croyances, ses traditions ainsi que ses valeurs, englobant l'ensemble des phénomènes matériels et idéologiques qui définissent un groupe ethnique. (**Larousse, 2024**). Cette prise en compte se manifeste à travers la typologie des bâtiments, le choix des matériaux et la mise en œuvre des savoir-faire locaux.

4.L'esprit des lieux

S'il faut définir l'esprit du lieu, "*on peut le présenter comme la synthèse des différents éléments, matériels et immatériels, qui contribuent à l'identité d'un site, En ce sens, il est unique*". (**M. Prats, Jean-Pierre Thibault,2003**).

L'esprit du lieu, notamment identifié avec le Genius loci des latins (**Christian Norberg-Sculz,2017**) a existé dans pratiquement toutes les civilisations. La matérialité d'un site est liée à sa structure géologique, au climat, à la présence éventuelle de l'eau, à sa végétation, mais aussi à l'action de l'homme : méthodes culturelles, occupation de l'espace, architecture. Cette matérialité, tout en évoluant dans le temps, est inhérente au site. Alors l'architecture historique vernaculaire est une composante de l'esprit du lieu, grâce à la fourniture de matériel sur site et également par les connaissances rendues par générations qui donne un témoin de la culture de la construction.

C'est donc l'authenticité, pour l'architecture vernaculaire historique, la plus importante valeur, ce qui la rend unique, importante composante de l'esprit du lieu.

5.Le patrimoine architectural

Le patrimoine architectural englobe l'ensemble des constructions humaines ayant une grande valeur en raison de leur caractérisation d'une époque ou d'une civilisation. En raison de cette importance, nous souhaitons le transmettre aux générations futures (**Portail national de ressources -éduscol,2017**). Il représente un témoignage de l'histoire et de la culture d'une société, agissant comme un reflet de l'identité d'un peuple. Ce patrimoine peut englober divers éléments tels que des bâtiments, des monuments, des sites archéologiques, des places, des rues, des quartiers, etc. (**Portail national de ressources -éduscol,2017**).

Les édifices historiques et culturels sont fréquemment sujets à la dégradation, résultant de l'usure du temps, des catastrophes naturelles, des conflits et de la pollution. Les interventions sur le patrimoine bâti visent à la préservation et à la restauration de ces bâtiments, orientées vers les générations futures. (**Benjamin Mouton,2018**).

SECTION 02. LES MODES D'INTERVENTION SUR LE PATRIMOINE BATI

Différentes interventions sont réalisées sur le cadre bâti ancien objet de dégradation, afin de le conserver, de le préserver, de le moderniser, de le pérenniser et de le conserver. Les plus connues sont Sauvegarde, Conservation, réhabilitation, restauration et la rénovation.

1. Sauvegarde

Dans son application au domaine patrimonial, la sauvegarde selon la définition que propose la recommandation de Varsovie-Nairobi (**Unesco, 1976**) désigne : « L'identification, la protection, la conservation, la restauration, la réhabilitation, l'entretien et la revitalisation des ensembles historiques ou traditionnels et de leur environnement ». (**MERLIN Pierre, CHOAY Françoise,2009**).

2.Conservation

La notion de conservation est toutes opérations qui vise à comprendre le patrimoine culturel (les monuments et les sites historiques), à connaître son histoire et sa signification, à assurer sa sauvegarde matérielle et éventuellement sa restauration et sa mise en valeur. (Le patrimoine culturel comprend. (**Annexe II du Document rédigé à la conférence de Nara ,1994**).

3.Restoration

C'est le processus de valorisation d'une bâtisse ayant un caractère architectural, une dimension esthétique et une valeur historique, visant à les sauvegarder et à prolonger leur durée de vie en faisant sortir leurs potentiels et de leurs valeurs altérées par le temps. (**PPSMVSS, 2017**).

4.Rénovation

Signifie « remettre à neuf » et pourrait se traduire techniquement par raser et reconstruire.

Employé largement, il est devenu un mot très généraliste. Cela mène à des opérations de démolition totale ou partielle. (Collectif Artémis,2006).

5.Réhabilitation

A pour but la préservation du caractère historique des constructions comme celui des monuments ou d'autres constructions remarquables et de qualité architecturale intéressante. En même temps, il s'agit d'équiper la construction réhabilitée en éléments de confort aux normes actuelles, le but étant de moderniser sans dénaturer le caractère ancien de la bâtisse.

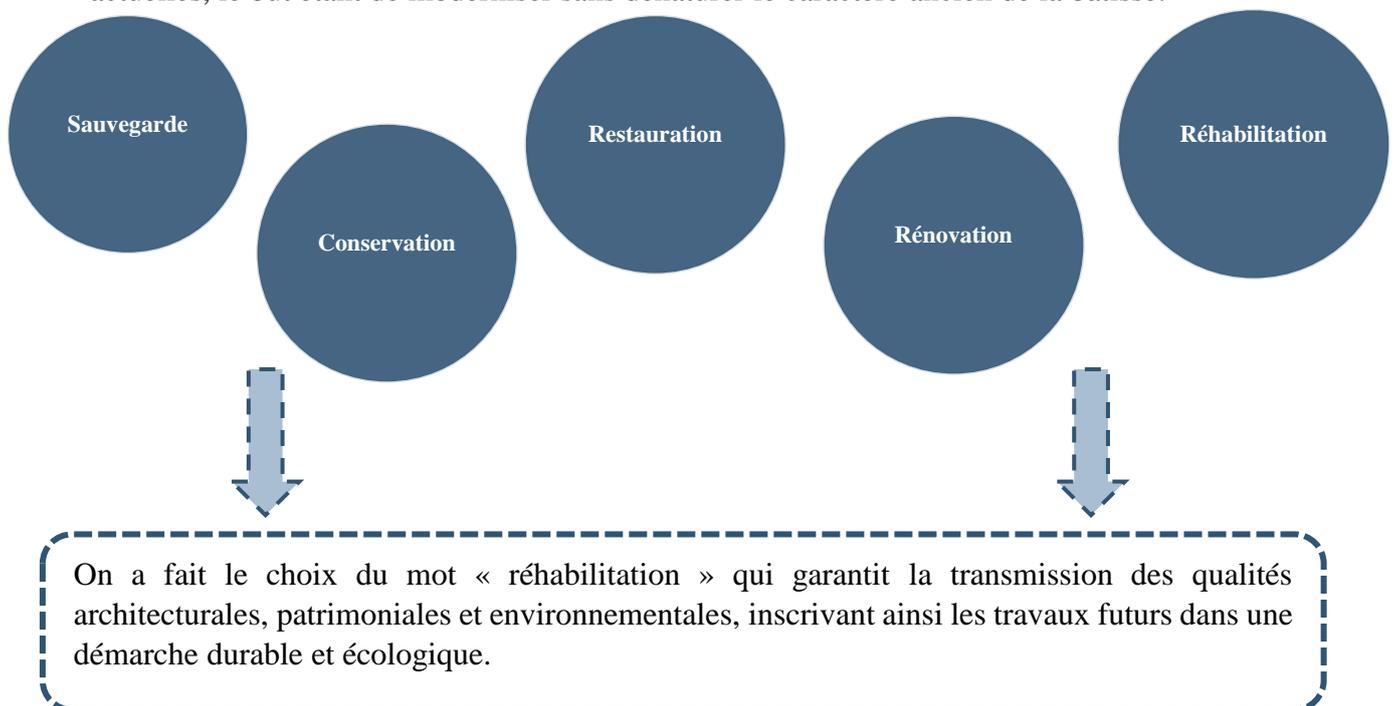


Figure 4. Les différentes d'intervention sur le patrimoine bâti. Source : auteurs

SECTION 03. LA REHABILITATION ENERGETIQUE DU BATIMENT EXISTANT

1.Définition La réhabilitation énergétique

La réhabilitation énergétique est l'amélioration énergétique qui doit être accompagnée d'une approche qualitative du bâtiment, en associant la problématique de l'énergie à celle de la qualité d'usage du bâtiment : confort, santé, réduction des charges locatifs, image du bâtiment ou son insertion dans le quartier. (Charlot-valdieu, Catherine et Outrequin Philippe,2011)

De ce fait, **la réhabilitation énergétique** est comme étant un savoir-faire sur le plan des choix architecturaux et techniques pour réhabiliter un bâtiment existant, et le plus souvent des constructions anciennes fortes consommatrice d'énergie, et ceci dans un objectif de basse consommation nécessaire au regard des contextes énergétiques et environnementaux ainsi qu'en contribuant à l'amélioration du confort thermique de ces immeubles.



Figure 5. La réhabilitation énergétique. Source : <https://www.usinenouvelle.com/article/l-industrie-au-secours-de-la-renovation-energetique.N985274>

2. Les différents niveaux de la réhabilitation énergétique

Il existe quatre niveaux de réhabilitation sont distingués selon le rapport sur l'amélioration de l'habitat ancien (Simon Nora et E. Bertrand, 1975) :

2.1. Réhabilitation légère

Elle consiste en l'installation d'un équipement sanitaire complet avec salle d'eau (y compris les canalisations, l'électricité et les peintures accompagnant ces agencements). Elle ne comporte pas de travaux sur les parties communes de l'immeuble, ni l'installation d'un chauffage central.

2.2. Réhabilitation moyenne

En plus de l'installation d'un équipement sanitaire cité plus haut, la réhabilitation moyenne implique des travaux plus complets, concernant les parties privatives de l'immeuble à l'intérieur des logements, comme : l'ajout du chauffage central ou électrique avec amélioration de l'isolation thermique et changement des fenêtres.

2.3. Réhabilitation lourde

En plus des travaux décrits ci-dessus, il est prévu une redistribution des pièces dans le logement par modification ou suppression de cloisons ou une redistribution des logements, étage par étage. L'intervention est beaucoup plus complète sur les parties communes de l'immeuble ainsi : réfection des façades avec amélioration (isolation par l'extérieur par exemple) ; réfection des toitures (couvertures et toitures, terrasses).

2.4. Réhabilitation exceptionnelle

Cette opération est préconisée dans le cas où les désordres ou l'état de la structure menace, l'intégrité et la stabilité de l'ouvrage, alors, on reprend les structures, voire les fondations avec renforcement éventuel. C'est le cas notamment, d'immeubles dont les façades sont classées et nécessairement conservées avec restauration (nettoyage, réparation), alors que la structure

intérieure (planchers, refends porteurs) est entièrement reconstruite.

3. Les différentes formes de la réhabilitation énergétique

Il existe deux formes de réhabilitation : la première produit l'intention, et la seconde garantit sa réalisation, ces deux formes se résument comme suit (Yassine Ouagueni, 2018) :

3.1. La réhabilitation subjective

Elle se focalise sur l'aspect culturel, elle exclut le bâti et agit sur les hommes, comme elle sert à respecter la conviction collective pour garder les valeurs morales de cet héritage historique, le but de la réhabilitation subjective est de réutiliser les valeurs ancestrales et de le mettre sous un cadre réfléchi en cas de perte de culture. Ce qui permet la préservation et la continuité de la culture locale.

3.2. La réhabilitation objective

La réhabilitation du bâti vise à améliorer et conserver les valeurs authentiques des édifices historiques, nécessitant des architectes compétents en culture et patrimoine. Pour réussir, il est crucial de combiner la réhabilitation physique et culturelle, deux actions indissociables garantissant une intervention efficace sur les biens culturels.

4. Pourquoi réhabiliter un bâtiment énergétiquement ?

Au rythme de consommation actuel, **dans 50 ans** l'ensemble des réserves non renouvelables sera épuisé et le secteur de construction en est l'une des importantes causes. En effet il se trouve que le secteur de construction est parmi les secteurs les plus consommateurs d'énergie avec une consommation représentant 46% de l'énergie finale pour l'Algérie. (N. Fezzioui, B. Droui, M. Benyamine, S. Larbi2008).



Figure 6. Les Objectifs de réhabilitation énergétique des constructions existantes. Source : <https://edito.seloger.com/rubrique/renovation-energetique>

Kohler, pense que la réhabilitation du patrimoine bâti devrait être une nécessité car elle permet de prendre des mesures rentables pour améliorer les constructions en ressources et respectueux de l'environnement, La réhabilitation énergétique des constructions n'offre pas uniquement des

avantages économiques et environnementaux mais elle permet également d'améliorer le confort thermique en régularisant les températures intérieures. (N. Kohler, 2009). Ceci est particulièrement visible dans les anciennes constructions présentant des problèmes de mouvements d'air et d'une mauvaise répartition de la chaleur donc un mauvais confort thermique.

5. Les principes de la réhabilitation énergétique

Avant d'expliquer les techniques actuellement en place ou envisageables à court ou moyen terme, il est important de souligner les principes fondamentaux qui devraient guider une réhabilitation énergétique (Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, 2012).

5.1. Inertie thermique

Un des principes de la réhabilitation énergétique d'un bâtiment est de maintenir, voire d'améliorer, son inertie thermique (l'effet de paroi froide), c'est à dire sa capacité de stocker et déstocker la chaleur dans sa structure. L'inertie thermique se définit par la vitesse à laquelle le bâtiment se réchauffe ou se refroidit en fonction de la température extérieure. Elle est à la base de la construction vernaculaire à l'époque où l'énergie était rare.

5.2. L'étanchéité à l'air et les ponts thermiques

D'autre point conditionnant l'efficacité de travaux de performance énergétique doit être abordé :

- **L'étanchéité à l'air** : elle joue un rôle important dans la mesure où une mauvaise étanchéité augmente les infiltrations d'air non contrôlés. Toutes les parois laissent passer l'air et la maîtrise de cette étanchéité est nécessaire avant toute installation de ventilation ou de double vitrage performants.
- **Les ponts thermiques** : les déperditions thermiques linéiques peuvent représenter 5 à 40% des déperditions totales d'un bâtiment, plus le niveau d'isolation thermique est élevé, plus la part des ponts thermiques est importante. Ces derniers sont directement responsables de nombreux problèmes de condensation.



Figure 8. L'effet de paroi froide. Source : <https://www.ecosources.org/inertie-thermique>



Figure 7. Les ponts thermiques dans un bâtiment. Source : <http://www.notreconstructionpassive.be/habitat-passif/principes-du-concept-passif/>

Toute réhabilitation énergétique devrait s'appuyer simultanément sur les principes suivants :

- **La sobriété énergétique** : qui consiste à supprimer les gaspillages et les besoins superflus par une meilleure gestion de l'énergie et des gestes verts.
- **La prise en compte du confort et de la santé des usagers** : notamment par le renouvellement de l'air et la recherche du confort thermique (d'hiver et d'été).
- **L'efficacité énergétique** : qui permet de réduire la consommation d'énergie pour un usage donné, notamment par la réduction des besoins de l'enveloppe mais aussi de ce qui concerne les générateurs de chaleurs.
- **Le recours à l'énergie renouvelable** : qui répond à nos besoins énergétiques avec un faible impact sur notre environnement.

6. La réhabilitation énergétique comme solution pour un meilleur confort

6.1. La réhabilitation énergétique et le confort thermique

Dans les milieux bâtis, le confort thermique est une exigence essentielle que chaque logement devrait avoir, le bâtiment doit également être adapté à son climat. Il est l'ajustement entre les critères suivants : la température environnante, la qualité d'air, l'humidité relative, le rayonnement des parois, l'absence de courants d'air, donc il est la satisfaction exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant. (**S. Bronchart, J. Rixen– M. Bourgeois, 2010**).

Actuellement, le secteur résidentiel en Algérie ne fait l'objet d'aucune réglementation thermique, ce qui se traduit par un niveau de confort souvent insatisfaisant dans les constructions, que ce soit en période de chaleur ou de froid. Les usagers sont confrontés à un choix tout aussi contraignant dans les deux cas suivants : accepter le manque de confort ou garantir leur confort au prix d'équipements coûteux et de fortes dépenses énergétiques.

6.1.1. Le confort thermique d'hiver

L'inconfort se manifeste lorsque la température des parois diffère de celle de l'environnement. Cette sensation désagréable survient dès qu'il y a un écart de plus de 3°C entre la température ambiante et celle des surfaces telles que les fenêtres, le sol ou les murs, phénomène connu sous le nom d'effet de "paroi froide". Ce désagrément peut être éliminé en isolant, ventilant et chauffant de manière modérée les parois, favorisant ainsi un environnement sain et préservant la structure du bâtiment. Aussi l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments favorisera l'utilisation de l'apport solaire gratuit et la maximisation de la pénétration du

rayonnement solaire. (Watson D & Camous R,1986).

6.1.2. Le confort thermique d'été

Pour éviter l'inconfort des occupants et réduire la nécessité de recourir à la climatisation, un bâtiment doit garantir un confort estival satisfaisant. Cela implique de réguler les apports solaires, de minimiser les sources de chaleur internes, d'exploiter une inertie significative, d'améliorer la qualité des vitrages et des dispositifs de protection solaire, tout en assurant une ventilation adéquate dans les pièces.⁴

Selon Donald Watson et Roger Camous, la méthode la plus simple et la plus efficace pour garantir le confort en été consisté à atténuer les effets de la principale source de surchauffe en protégeant le bâtiment du soleil, ou au moins en réduisant les surfaces de l'enveloppe exposées au soleil estival. (Watson D & Camous R,1986).

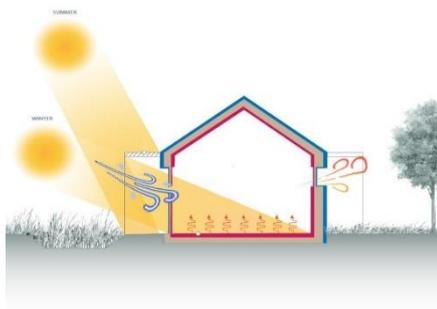


Figure 9. Le confort thermique d'été.

Source : <https://architecture-bynature.com/design-principles/>

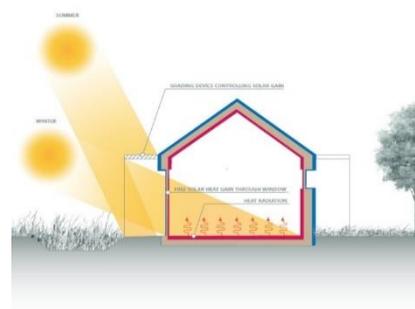


Figure 10. Le confort thermique d'été.

Source : <https://architecture-bynature.com/design-principles/>

6.2. L'isolation thermique comme solution pour un confort thermique optimal

Il existe deux grandes techniques Pour isoler les murs périphériques d'un bâtiment qui permettent d'atteindre d'excellentes performances. On choisit l'une ou l'autre selon la configuration spécifique et les contraintes du projet :

6.2.1. Système d'isolation thermique par l'intérieur

L'isolation thermique par l'intérieur offre une solution pratique pour gérer efficacement les liaisons avec les menuiseries, portes, balcons et toitures. Pour répondre aux exigences de confort estival, il sera pertinent de composer avec des parois intérieures lourdes. Une isolation des murs par l'intérieur est également idéale :

⁴**IsolFrance** : c'est une entreprise créée en 2007, spécialisée dans l'isolation thermique par extérieur. Elle permet d'atteindre d'excellentes performances d'isolation globale, satisfaisant les exigences RT 2012 et BBC

- Lorsque la maison est ancienne et possède un charme patrimonial que l'on ne souhaite pas compromettre
- Lorsque la façade extérieure présente des caractéristiques architecturales spécifiques qui limitent l'intérêt d'une isolation extérieure, comme de nombreuses ouvertures vitrées ou des balcons entraînant la nécessité de traiter plusieurs ponts thermiques.
- Lorsque la façade extérieure n'exige pas de travaux de ravalement.

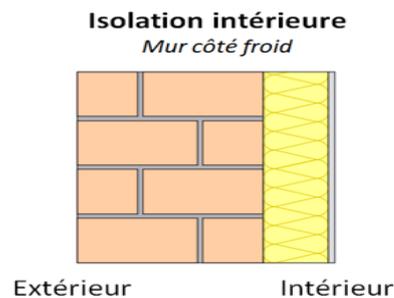


Figure 11. Système d'isolation thermique par l'intérieur. Source : <https://ad-energie.com/services/isolation-des-murs-interieurs/>

6.2.2. Système d'isolation thermique par l'extérieur

L'isolation thermique par l'extérieur offre l'avantage d'éliminer les ponts thermiques au niveau des planchers intermédiaires et des refends, tout en exploitant l'inertie des murs pour capter les apports solaires en hiver et atténuer le désagrément thermique estival. Cependant, ce type d'isolation (sous enduit, vêtture, bardage, etc.) requiert des précautions particulières lors de sa mise en œuvre afin d'assurer un traitement thermique adéquat au niveau des liaisons avec les planchers bas, les encadrements de fenêtres, portes, loggias, balcons, ainsi que les acrotères des toitures plates ou les combles. Le regroupement du mur manteau a élaboré des solutions spécifiques pour le traitement des points singuliers en matière d'isolation par l'extérieur. (Marc Deschamps, 2011).



Figure 12. Système d'isolation thermique par l'extérieur. Source : <https://azaneo.com/isolation-par-l-exterieur-avantages-techniques-et-etapes-de-realisation/>

7. La réhabilitation énergétique d'un bâti ancien

7.1. L'importance D'une Approche Globale, Du Diagnostic Au Choix Des Solutions Techniques

La réhabilitation d'un bâti ancien ne peut être résolue par une solution standard a priori. Elle nécessite une approche globale et contextualisée à chaque phase du projet, allant du

diagnostic à la sélection des solutions visant à améliorer les performances énergétiques et environnementales. Les projets de réhabilitation de bâtiments anciens ne se limitent pas à l'objectif de réduire la consommation énergétique. (CREBA, 2022). Il suit une approche globale basée sur :

- Un diagnostic complet d'un état existant.
- Un choix justifié par une évaluation multicritère.

❖ **Approche responsable de la réhabilitation énergétique**

Il existe 3 enjeux ou dimensions principales qui doivent être considérés dans la réhabilitation énergétique des bâtiments anciens (CREBA, 2022) :

- **Dimension patrimoniale** : avec l'objectif de préservation des valeurs architecturales et patrimoniales du bâtiments anciens qui ne sont pas protégés par des dispositifs spécifiques.
- **Dimension technique** : Les bâtiments anciens ont des particularités constructives et un comportement physique très différent des bâtiments modernes. Les parois anciennes ont en général une bonne inertie thermique et sont composées de matériaux perméables à la vapeur d'eau et donc objectif de cette approche est de pérennité des composants et de qualité sanitaire du bâtiment.
- **Dimensions énergétiques et environnementales** : objectif de réduction des consommations énergétiques, d'émissions de gaz à effet de serre et l'impact environnemental du bâtiment et d'augmentation du confort intérieur.

Au travers de ces différents enjeux, il apparaît que la réhabilitation du bâti ancien nécessite une approche globale, intégrant bien d'autres critères que la seule performance thermique. Une opération de réhabilitation d'un bâti ancien est considérée comme « responsable » dès lors qu'elle intègre bien les dimensions patrimoniales, techniques, énergétiques et environnementales du bâtiment. Elle doit par conséquent faire l'objet d'une étude justifiant les choix opérés et les résultats attendus, en tenant compte de l'ensemble des contraintes et exigences associées à chacune des dimensions précédentes. (CREBA, 2022)

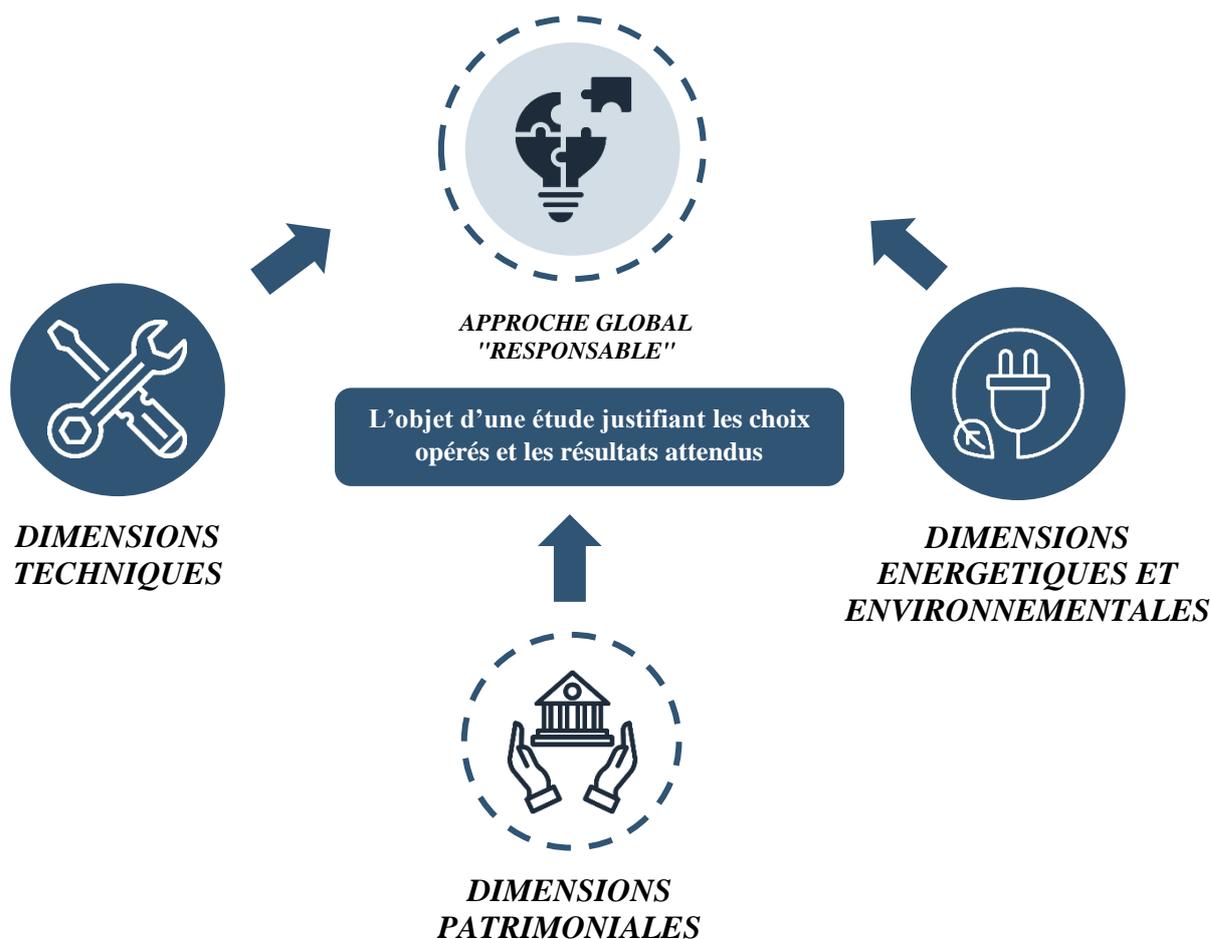


Figure 13 . Approche responsable de la réhabilitation énergétique des bâtiments anciens. *Source : Auteurs à partie du La Charte de la réhabilitation responsable du bâti ancien.*

7.1.1. Un diagnostic complet d'un état existant

La phase initiale implique la réalisation d'un diagnostic global du bâtiment existant, facilitant la prise de décisions éclairées concernant les aspects contribuant à l'amélioration du confort. Ce diagnostic global inclut (CREBA, 2022) :

- Des informations générales relatives au bâtiment avec description générale du bâtiment et de son implantation, son environnement et l'utilisation actuelle et future.
- Diagnostic patrimonial détaillé qui identifie l'intérêt architectural ou historique, ainsi que les opportunités et les contraintes liées à la conservation.
- Diagnostic technique détaillant l'état du bâtiment et de ses composants.
- Diagnostic énergétique et environnemental permettant d'évaluer les performances initiales du bâtiment.

7.1.1.1. Le diagnostic patrimonial

Doit permettre de recueillir les informations suivantes :

- L'histoire et l'évolution du bâtiment et de ses éléments.
- Les détails relatifs au système constructif et aux systèmes techniques du bâtiment (les dispositions d'origine, les modifications constructives...).
- Les contraintes ou les priorités et leurs conséquences en matière de conservation et de réhabilitation.
- L'opportunité de révéler des éléments caractéristiques perdus ou masqués et réemployer comme exemple de réintroduire un type de fenêtre d'origine.

7.1.1.2. Le diagnostic de l'état technique du bâtiment

Doit permettre de recueillir les éléments suivants :

- Une description globale du bâtiment (type constructif, dimensions des éléments constitutifs, orientation et volumes, ouvertures...)
- Une évaluation de l'état de l'enveloppe du bâtiment
- Des informations relatives à l'environnement du bâtiment, aux conditions climatiques et topographiques de la parcelle, à la présence de végétations et de cours d'eau ...

7.1.1.3. Le diagnostic énergétique et environnemental

Doit permettre de recueillir les éléments suivants :

- La consommation réelle du bâtiment existant et les émissions de CO2 associées.
- Une évaluation de la déperdition globale du bâti, ainsi que les déperditions de chaque élément qui le compose (murs, fenêtres, planchers, couverture).
- Une évaluation du niveau de confort intérieur, caractérisé selon les saisons.
- Des informations sur la gestion, le maintenance et utilisation du bâtiment.

7.1.2. Le Choix De Solutions De Réhabilitation Selon Une Approche Multicritère

Le choix des solutions techniques doit s'opérer selon une approche globale et multicritère, fondée sur des objectifs de performance énergétique ainsi que sur la préservation de l'intégrité physique du bâtiment et de ses caractéristiques patrimoniales. Chaque option doit être évaluée en tenant compte des modifications et des incidences qu'elle pourrait entraîner à la fois sur le fonctionnement global du bâtiment et sur la valeur patrimoniale de ses composants. (*CREBA, 2022*).

Pour faciliter cette approche globale, une méthode d'évaluation basée sur un principe de risques-avantages, nommée "L'OUTIL « GUIDANCE WHEEL »". Cette méthode permet d'identifier les meilleures mesures et d'éliminer celles qui sont inadaptées. (CREBA, 2022)

L'outil « GUIDANCE WHEEL » en suivant ce lien : <https://responsible-retrofit.org/greenwheel-fr/>

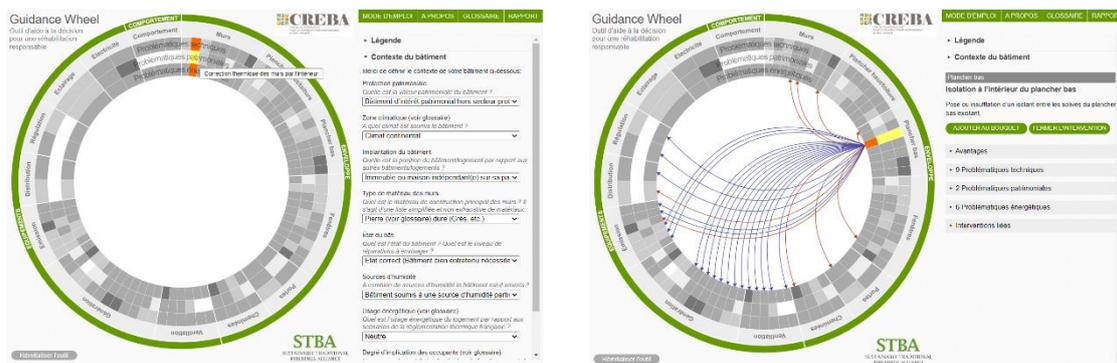


Figure 14. Guidance Wheel : Outil d'aide à la décision pour une réhabilitation responsable. Source : <https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/guidance-wheel>

7.2. Recommandations particulières

7.2.1. Pour la prise en compte de La dimension patrimoniale

Une réhabilitation intégrant la dimension patrimoniale est fondée sur le respect des éléments authentiques constituant le bâtiment et sur une adaptation du bâti pour répondre aux exigences et aux besoins liés aux modes de vie actuels. Le but étant de conserver les éléments existants constitutifs de la valeur patrimoniale du bâtiment (par la réparation, leur restauration et leur réemploi in situ), privilégier le remplacement par des éléments identiques et compatibles (matériaux et forme), utiliser des interventions architecturales contemporaines de manière raisonnée et justifiée. (CREBA, 2022)

7.2.1.1. Intervention sur les menuiseries

Il est essentiel de considérer les options de préservation, d'amélioration des fenêtres existantes, ou d'installation de doubles fenêtres. En cas de suppression, il est recommandé de privilégier des interventions préservant les matériaux d'origine, les formes, les proportions, et le dessin des menuiseries. Cette approche s'applique également aux interventions sur les garde-corps, les volets, ou les contrevents.

7.2.1.2. Intervention sur les murs

Plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre, à commencer par des actions dites de « **correction thermique** » qui s'agit d'appliquer un enduit allégé, enrichi de granulats (mélange à base de chaux ou de terre, et de granulats végétaux) directement sur les parois extérieures et/ou intérieures de la structure du bâtiment, avec une épaisseur généralement comprise entre 3 et 10 centimètres pour le but de corriger le phénomène de paroi froide, améliorer le confort des occupants et préserver les bénéfices de l'inertie des paroi.

7.2.1.3. Intervention sur les systèmes

Il est recommandé d'éviter l'installation des sorties de conduits (chauffage, ventilation) ainsi que des unités extérieures des pompes à chaleur sur la ou les façades principales. De même, il est déconseillé d'installer des sorties de toits ou des chapeaux traités avec des formes et des matériaux non traditionnels. L'implantation de dispositifs d'énergie renouvelable tels que des panneaux solaires ou des éoliennes doit faire l'objet d'une étude approfondie afin de garantir le respect de l'architecture de bâti ancien.

7.2.2. Pour la prise en compte de la dimension énergétique et environnementale

Une réhabilitation qui intègre les aspects énergétiques et environnementaux devrait viser une modernisation globale du bâtiment, avec l'objectif principal d'atteindre une classification « basse consommation ». Cette cible peut être adaptée en fonction des impératifs du bâtiment, notamment les exigences techniques et architecturales identifiées par le diagnostic, spécifiques à chaque cas. (CREBA, 2022)

7.2.2.1. Performance de l'enveloppe et des équipements

La construction de l'enveloppe du bâtiment doit répondre aux normes de performance de niveau « BBC rénovation ». Toute autre performance pourra être envisagée à condition qu'elle soit justifiée par des considérations constructives et énergétiques ou des études liées au confort des occupants.

7.2.2.2. L'étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air du bâtiment peut représenter un gain significatif sur les consommations. Elle pourra être fixée après diagnostic de l'enveloppe initiale et une recherche basée à la réflexion des systèmes (passifs ou actifs) de renouvellement d'air du bâtiment.

7.2.2.3. Impact environnemental

Le choix des matériaux, des énergies, produits et équipements installés doit être justifié selon leur impact environnemental (recours aux fiches de déclaration environnementale et sanitaire, analyse de cycle de vie). Donc la meilleure solution c'est d'utiliser les matériaux réemployés, issus des filières locales et issus des filières vertes (biosourcés et géo sources).

7.2.3. Pour la prise en compte de la dimension Technique

La prise en compte de la dimension technique dans le projet de réhabilitation se traduit par l'emploi de matériaux, de systèmes et de procédés de mise en œuvre par 2 interventions :

Interventions sur les parois aussi la ventilation et aération. (*CREBA, 2022*)

7.2.3.1. Interventions sur les parois

Il est recommandé de s'attaquer aux désordres structurels et aux éventuelles sources d'humidité (pénétration d'eau, humidité intérieure, éléments endommagés par la moisissure, etc.) avant toute réalisation d'isolation sur les murs existants (murs et sols). Pour l'isolation, il est recommandé de choisir des matériaux et des technologies qui garantissent :

- L'équilibre du transfert de vapeur grâce au choix approprié d'isolants et d'enduits.
- L'étanchéité à l'air de l'enveloppe afin de prévenir toute infiltration.
- Le renouvellement de l'air intérieur pour limiter les apports d'humidité.

7.2.3.2. Ventilation et aération

Toute intervention sur l'enveloppe doit s'accompagner d'une réflexion sur les conditions du renouvellement d'air intérieur et de l'efficacité du système de ventilation. Il convient de respecter les débits de renouvellement d'air en fonction de la surface habitable des logements, ou par le règlement sanitaire des bâtiments tertiaires (de 22m²/h par personne pour les pièces principales et de 10 m²/h par personne pour les pièces de service).

8. Les stratégies et les techniques de la réhabilitation énergétique dans un bâtiment existant

Avant d'entreprendre toute intervention, il est impératif d'effectuer une analyse approfondie de l'immeuble afin d'élaborer un projet de réhabilitation cohérent et efficient. La considération des aspects techniques, esthétiques et historiques souligne l'importance de faire appel à un architecte compétent spécialisé dans la réhabilitation de bâtiments anciens. Ce professionnel

saura concilier la préservation du caractère patrimonial de l'immeuble avec l'amélioration de ses performances énergétiques. (Thermi Fluides, Sylvie Amselem et Nobatek,2010).

8.1. Les caractéristiques constructives des bâtiments existants : il existe plusieurs caractéristiques constructives : (Thermi Fluides, Sylvie Amselem et Nobatek,2010)

8.1.1. Les murs

La majorité des murs sont érigés en maçonnerie à deux parements de moellons de pierre, joints par un mortier de chaux naturelle. Les surfaces intérieures et extérieures sont revêtues d'un enduit composé de sable et de chaux naturelle en deux ou trois couches. L'épaisseur de ces murs varie de 45 à 70 cm, assurant ainsi la cohésion et la stabilité de l'immeuble.

Ces murs particuliers offrent un confort appréciable en été grâce à leur inertie thermique. En raison de leur masse, ils maintiennent une fraîcheur constante dans les édifices, agissant comme un "amortisseur" face aux températures extérieures élevées, tout en ne constituant pas une barrière étanche à l'humidité.



Figure 15. Les murs des bâtiments anciens. Source : <https://www.middleeasteye.net/fr/rep-ortages/algerie-casbah-alger-patrimoine-res-tauration-ruines-unesco>

8.1.2. Les systèmes de recouvrement : plancher et coupoles

Les toits souvent plats ou légèrement inclinés ont une épaisseur de terre importante (40 à 70 cm) et un revêtement avec un enduit de chaux renouvelé régulièrement, et rarement un revêtement de briques posées à plat qui peut être maçonnée ou à structure de bois.

Les couvertures maçonnées sont souvent des voûtes croisées, qui peuvent être employées pour des espaces domestiques tels que les entrées, les paliers d'escaliers ou les grands espaces d'édifices majeurs (palais, mosquées...). Les structures de bois concernent souvent les planchers ou les toits de terrasse : ils sont composés de rondins, par-dessus lesquels sont disposés des branchages ou des voliges qui vont supporter un mortier de terre et de chaux.

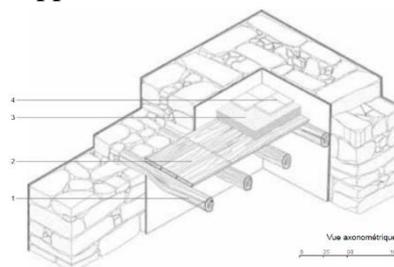


Figure 16. Le système de recouvrement : plancher et coupoles des bâtis anciens. Source : <https://www.mahdiaridjphotography.com/casbah-alger-photos/>

8.1.3. Les menuiseries extérieures (les ouvertures)

Les fenêtres d'origine, en bois peint, se caractérisent par la finesse de leurs profils et de leurs petits bois. Plusieurs types d'ouvertures extérieures existent dans les tissus anciens : portes en arc, fenêtres à moucharabieh, fenêtres à l'espagnole, persiennes en bois... caractérisés par l'utilisation de bois sculpté ou ajouré, des couleurs traditionnelles telles que le bleu et le blanc, ainsi que des formes géométriques et des motifs inspirés de l'art islamique.

Lorsqu'elles sont anciennes, les fenêtres sont le siège de déperditions thermiques importantes liées aux défauts d'étanchéité et à la présence de simples vitrages. De plus, les infiltrations d'air ont un effet négatif sur l'économie d'énergie, surtout en hiver, car les débits d'air ne sont pas maîtrisés.



Figure 17. Les menuiseries extérieures des bâtis anciens. Source : <https://www.flickr.com/photos/144330620@N04/33858038420>

8.2. Les techniques de la réhabilitation énergétique dans un bâtiment existant

Les solutions préconisées ici reposent sur l'utilisation de matériaux et de méthodes de mise en œuvre conformes aux caractéristiques des bâtiments anciens. (Thermi Fluides, Sylvie Amselem et Nobatek, 2010).

Bien que leur objectif ne soit pas nécessairement d'atteindre le niveau BBC Effinergie Rénovation⁵, elles offrent des économies significatives en termes de chauffage : environ 40 % en cas d'isolation des murs, 35 % pour le remplacement des menuiseries, et jusqu'à 50 % pour le dernier étage en cas d'isolation des terrasses. Ces gains énergétiques ne doivent pas faire négliger des aspects essentiels tels que le traitement de l'humidité dans les murs, la ventilation des bâtiments, ainsi que le confort des occupants et les éventuels dommages sur la structure.

⁵ Le label "bâtiment basse consommation" est attribué aux projets de réhabilitation qui parviennent à maintenir une consommation globale d'énergie annuelle inférieure à 96 kW hep/m². Cela suppose une excellente étanchéité à l'air du bâtiment, une exigence souvent difficile à envisager dans les structures anciennes, et des épaisseurs d'isolant qui ne sont pas toujours en harmonie avec le caractère patrimonial des immeubles.

8.2.1. Les murs

Le choix de la méthode d'isolation dépend étroitement de la façade et de ses caractéristiques architecturales. Lorsque cela est possible pour les façades (absence de décorations, pignon aveugle, façade sur cour...), l'isolation extérieure offre de nombreux avantages : elle est plus efficace en évitant la création de ponts thermiques, elle empêche la perte de surface habitable, préserve l'inertie des murs, particulièrement bénéfique pour le confort estival, et protège la maçonnerie des variations de température.

En ce qui concerne les immeubles avec des façades remarquables ou plus complexes, chaque mur peut être examiné en vue d'une isolation par l'intérieur. Diverses solutions sont envisageables lorsque les pièces ne comportent pas de déco rations.

Les solutions les plus appropriées consistent en l'utilisation de produits compatibles avec les constructions anciennes, notamment des matériaux hygroscopiques capables de stocker l'eau et



Figure 18. Les méthodes d'isolation des murs. Source : <https://www.sitesetmonuments.org/loi-transition-energetique-demande-des-associations-en-matiere-d-isolation-par-l-exterieur-cmp>

de libérer de la vapeur d'eau dans l'air lorsqu'il est trop sec. Ces matériaux contribuent ainsi à réguler l'humidité intérieure du bâtiment.

Isolation par l'intérieur			
Isolants	Enduit à caractère isolant	Panneaux de laine végétale	Panneaux isolants de béton cellulaire
Mise en œuvre	• Pose de l'enduit sur une épaisseur de 4 à 6 cm, après dépose de l'ancien enduit.	• Pose entre montants de bois, avec une lame d'air entre la maçonnerie et l'isolant. Finition par enduit au plâtre, plaques de plâtre ou plaques de plâtre/cellulose.	• Les panneaux sont collés contre la façade, puis recouverts par un enduit de finition à la chaux.
Coût indicatif HT	70 à 90 €/m ² pour une épaisseur de 5 cm.	40 à 45 €/m ² pour une épaisseur de 10 cm.	70 à 75 €/m ² pour une épaisseur de 10 cm
Gain énergétique indicatif	30 %	40 à 50 % (10 cm)	40 à 50 % (10 cm)

Isolation par l'extérieur		
Isolants	Enduit à caractère isolant	Panneaux isolants de béton cellulaire
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> L'enduit est constitué de mortier à base de chaux naturelle, chargé de particules isolantes (billes de polystyrène, perlite, vermiculite, chanvre...). Application (3 à 8 cm) sur un mur préalablement débarrassé de l'ancien enduit. 	<ul style="list-style-type: none"> Les panneaux sont collés contre la façade, puis recouverts par un enduit de finition à la chaux.
Coût indicatif HT	90 €/m ² pour une épaisseur de 5 cm (+ 25 €/m ² pour l'échafaudage).	70 à 90 €/m ² pour une épaisseur de 10 cm (+ 25 €/m ² pour l'échafaudage).
Gain énergétique indicatif	30 % (5 cm)	40 à 50 % (10 cm)



Tableau 1. Des tableaux et des photos représentent les types isolations des murs extérieur et intérieur. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf

NB :

- À l'intérieur et l'extérieur un enduit à caractère isolant a l'avantage de couper l'effet de « paroi froide » d'un mur en pierre
- Concernant les ouvertures :
 - ❖ En situation d'isolation par l'extérieur, une attention particulière doit être accordée au traitement des appuis et des encadrements des baies.
 - ❖ L'isolation des tableaux des fenêtres est envisageable avec un isolant de faible épaisseur, bien que cela entraîne un rétrécissement de l'ouverture et une diminution de la luminosité (pouvant atteindre 10 %).
 - ❖ Il est recommandé d'isoler l'allège, particulièrement lors de l'installation d'une double fenêtre.

8.2.2. Les systèmes de recouvrement : plancher et coupoles

Les problèmes d'humidité doivent être traités par l'utilisation de matériaux perméables permettant l'évacuation de l'eau par évaporation comme Liège, béton de chanvre... Le blocage de l'eau à l'intérieur des murs et des voûtes peut entraîner des dommages importants sur la structure et les revêtements de sol. L'isolation par le dessus est à privilégier.

Isolants	Liège, béton de chanvre, vermiculite, perlite
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> • Dépose de l'ancien revêtement et suppression de la dalle béton en pied de mur. • Pose de l'isolation en retrait du mur périphérique pour éviter le blocage de l'humidité. • pose du revêtement sur isolation et chape.
Coût indicatif HT	Selon travaux et niveaux d'intervention.
Gain énergétique indicatif	10

Tableau 2. Des tableaux représentent les types isolations des murs extérieur et intérieur. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf

8.2.3. Les menuiseries extérieures (les ouvertures)

Les ouvertures extérieures revêtent une importance cruciale dans le caractère esthétique des façades. L'optimisation de leurs performances dépendra de divers critères tels que la qualité du vitrage, le choix des bois, leur emplacement (sur la rue, côté cour, en toiture) et la modénature



Figure 19. Des photos représentent les techniques d'isolations des plancher et des terrasses. Sources : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf

de la façade. Dans toutes les situations, l'accent sera mis sur la préservation des modèles d'origine ou leur remplacement par des éléments identiques, tenant compte du matériau et de la partition. Il existe trois options sont possibles :

- Le remplacement des vitrages en conservant le cadre et les ouvrants existants, pourvu qu'ils présentent un intérêt patrimonial et soient en bon état sans problèmes d'étanchéité majeurs.
- Le changement complet de la menuiserie, une solution qui peut entraîner une réduction de la luminosité en raison des profils généralement plus épais des bois.
- La pose d'une deuxième fenêtre, réalisable grâce à l'épaisseur des murs. Cette alternative présente l'avantage de préserver l'aspect de la façade.

Interventions	Remplacement des vitrages	Changement complet de la menuiserie	Pose d'une deuxième fenêtre à l'intérieur
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> Maintien du cadre et des ouvrants avec, si besoin, renforcement du cadre pour supporter le nouveau vitrage. Des vitrages spéciaux à « haute performance isolante », plus fins, sont disponibles pour les profils peu épais. 	<ul style="list-style-type: none"> Dépose de l'ancien cadre. Fixation du nouveau cadre dans la feuillure existante pour préserver le clair de jour. 	<ul style="list-style-type: none"> Maintien de l'ancienne menuiserie (bois et serrurerie). Pose de la nouvelle fenêtre à l'intérieur, dans l'embrasure
Coût indicatif HT	Variable, mais solution la moins onéreuse.	1 200 € pour un vitrage de 1 x 2 m (L x H) à 1 500 € pour une porte fenêtre.	Idem changement de menuiserie.
Gain énergétique indicatif	30 %	40 à 50 %	40 à 50 %

Tableau 3. Des tableaux et des photos représentent Interventions sur les menuiseries extérieures. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/crebal/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf



Figure 21. Le changement complet de la menuiserie. Source : <https://eben.fr/conseils/pose-de-fenetre-les-etapes-dune-renovation-reussie.html>



Figure 20. La pose d'une deuxième fenêtre. Source : <https://www.fenetre24.com/info/types-de-fenetres/double-fenetre.php>



Figure 22. Le remplacement des vitrages avec la conservation de cadre. Source : <https://www.svs-temed.fr/menuiserie-interieure/double-vitrage-renovation-sur-fenetre-bois-5066.html>

NB :

- L'installation d'une menuiserie ou d'un vitrage isolant contribue également à améliorer l'isolation phonique.
- La fermeture des espaces communs tels que la cage d'escalier ou la cour intérieure constitue également une intervention susceptible de réduire les pertes thermiques des bâtiments, que ce soit par l'ajout de fenêtres dans la cage d'escalier ou la fermeture de la cour intérieure.

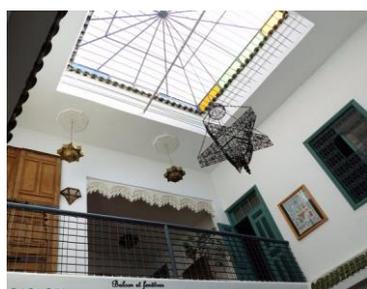


Figure 23. Fermeture de la cour intérieure avec une verrière. Source : https://www.tripadvisor.fr/LocationPhotoDirectLink-g293735-d9708224-i208816053-Ryad_Dar_Al_Meknassia-Meknes_Fes_Meknes.html



Figure 24. L'ajout de fenêtres dans la cage d'escalier. Source : <http://panier-des-envies.fr/fenetres-de-toit/97-fenetres-de-toit-velux-integra-r-2.html>

Le remplacement des anciens systèmes de chauffage par des équipements plus performants constitue une mesure hautement efficace pour réaliser des économies d'énergie. Deux possibilités sont envisageables en fonction de la présence ou non d'un circuit de chauffage central :

- L'installation d'une nouvelle chaudière à condensation au gaz, réputée pour son rendement élevé, puisqu'elle exploite la chaleur des fumées de combustion pour préchauffer l'eau du circuit de chauffage.
- Le remplacement d'anciens convecteurs électriques par des radiateurs à panneaux rayonnants ou à chaleur douce, reconnus pour leur confort accru et leur efficacité énergétique améliorée.

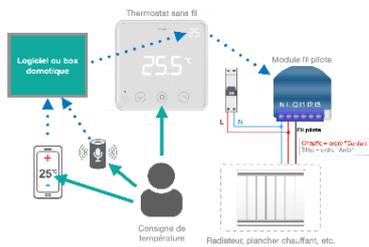


Figure 27. Programmation/ régulation par fil pilote. Source : <https://tutoriels.domotique-store.fr/content/62/545/fr/domotiser-ses-radiateurs-electriques-avec-fil-pilotes.html>

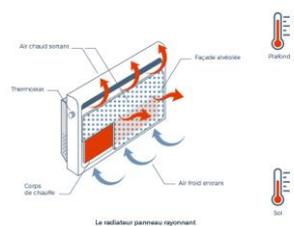


Figure 26. Les radiateurs à panneaux rayonnants. Source : <https://heatzy.com/blog/12/9/2017/bien-choisir-son-radiateur-electrique->

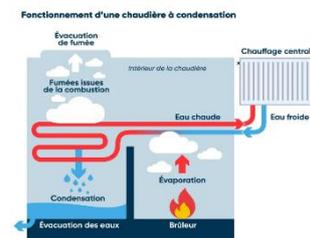


Figure 25. Chaudière à condensation au gaz. Source : <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/chaudiere-gaz-condensation/chaudiere-murale>

Système de chauffage	Chaudière à condensation (gaz)	Radiateurs à panneaux rayonnants
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> • Peu de contraintes techniques : la chaudière à condensation se pose à la place de l'ancienne chaudière. • Mise en place de vannes thermostatiques sur les radiateurs ou, si nécessaire, changement des radiateurs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pose des panneaux rayonnants à la place des anciens convecteurs. • Possibilités de programmation/régulation par fil pilote
Coût indicatif HT	3 500 à 5 000 € pour la chaudière. 500 € par radiateur avec vanne thermostatique. 3 500 € pour la création d'un réseau hydraulique	2 500 à 3 500 € pour 4 radiateurs.
Gain énergétique indicatif	20 %	5 à 10 %

Tableau 4. Des tableaux représentent les systèmes de chauffage. Source : https://www.rehabilitation-batiment.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf

8.2.5. La ventilation

La ventilation représente un élément crucial dans tout projet de réhabilitation impliquant des structures anciennes. Lorsque des travaux d'isolation et de remplacement de menuiserie sont

entrepris, l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment est renforcée. En l'absence de renouvellement, la qualité de l'air intérieur peut se dégrader en raison de l'accumulation d'humidité et de la présence de polluants émis par les activités des occupants (fumée, produits ménagers, etc.). Par conséquent, deux solutions peuvent être envisagées :

- L'ouverture quotidienne des fenêtres représente une solution simple.
- Un système de ventilation mécanique double flux présente l'avantage de limiter les pertes de chaleur grâce à un échangeur thermique (Extracteur).

Système de ventilation	Mécanique double flux	Naturelle
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> • L'installation d'un double réseau (air entrant et air extrait) est complexe. Les conduits peuvent nécessiter la pose de faux plafonds pour les masquer. En cas d'isolation par l'extérieur, ils peuvent aussi être noyés dans l'isolant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Une ouverture des fenêtres de 5 mn par jour suffit, en coupant le chauffage de la pièce. • Pour les pièces de service, ventiler après chaque activité génératrice d'humidité.
Coût indicatif HT	Selon travaux et niveaux d'intervention	

Tableau 5. Des tableaux représentent les systèmes de ventilation. Source : <https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025>

8.2.6. L'énergie solaire

Lorsque les panneaux solaires présentent une orientation et une pente appropriées, l'énergie solaire peut être exploitée avantageusement pour produire de l'eau chaude sanitaire et de l'électricité.

- Les systèmes solaires thermiques satisfont environ 50 % des besoins annuels en eau chaude sanitaire. La captation solaire peut être centralisée au niveau de l'ensemble du bâtiment ou décentralisée.
- L'énergie électrique produite par photovoltaïque est cédée au fournisseur d'électricité.



Figure 30. Utilisation des panneaux solaires. Source : <https://www.efficycle.fr/dualsun-le-premier-panneau-solaire-hybride-a-haut->

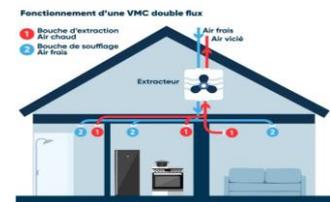


Figure 29. Ventilation naturelle. Source : <https://www.roto-fenêtres-de-toit.fr/particulier/fenêtres-roto/avantages>



Figure 28. Ventilation naturelle. Source : <https://www.roto-fenêtres-de-toit.fr/particulier/fenêtres-roto/avantages>

Système de production	Production d'eau chaude sanitaire	Production d'électricité
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> Un petit local est nécessaire pour la régulation et, en cas d'apport solaire centralisé, le ballon de stockage. 	<ul style="list-style-type: none"> L'installation en réseau permet de bénéficier les tarifs et de compenser l'électricité consommée dans le bâtiment.
Coût indicatif HT	3 000 € par appartement.	850 €/m2 de panneau installé

Tableau 6. Des tableaux représentent les systèmes d'énergie solaire. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf

SECTION 04. BIM & Réhabilitation Energétique : une collaboration précieuse

La réhabilitation énergétique occupe une place centrale dans notre société, répondant aux défis environnementaux et sociaux. Cela se concrétise à travers la mise en œuvre de nombreux plans et l'émergence de nouvelles normes, aussi bien dans le domaine du logement ancien que dans celui du neuf. (ZW FRANCE,2022).

Le Building Information Modeling (BIM) apparaît comme un catalyseur de transition susceptible de répondre aux exigences de collaboration et aux enjeux de la réhabilitation énergétique. (ZW FRANCE,2022).

1.Définition de BIM : Building Information Modeling

Le Building Information Modeling (BIM) est une approche de modélisation des informations du bâtiment qui permet la création d'une maquette numérique d'une structure construite. Cette représentation en trois dimensions d'un bâtiment offre la possibilité de suivre l'intégralité du processus, de la conception à la démolition. (The institution of Structural Engineers BIM Panel, 2021).



Figure 31. Le BIM: Building Information Modeling. Source : <https://www.kairnial.com/fr/blog/bim/d%C3%A9mocratisons-lusage-du-bim>

Le BIM favorise la collaboration entre tous les intervenants d'un projet, permettant ainsi le partage des données. Il sert à repérer les zones critiques et les défauts dans la réalisation

physique du bâtiment, à centraliser les informations, à intégrer la composante énergétique dans un modèle global, et à optimiser l'efficacité énergétique aussi bien du bâtiment que des équipements associés.

2. Les avantages du BIM

Les avantages du BIM se manifestent à toutes les phases d'un projet et pour l'ensemble des intervenants (*Novam Ingénierie, 2019*) :

- **Gain de qualité** : Le modèle 3D contribue à minimiser les erreurs d'implantation lors des échanges. De plus, les informations sont préservées tout au long de la durée de vie de la maquette, évitant ainsi toute perte lors des transitions entre les phases du projet.
- **Gain de temps** : Les composants du bâtiment ne nécessitent pas une ressaisie.
- **Conception de meilleure qualité** : la détection précoce des conflits entre les éléments permet d'incorporer les modifications plus tôt dans le processus. Tous les dessins sont dérivés du modèle 3D, éliminant ainsi toute incohérence entre les différentes vues.
- **Maîtrise plus juste des coûts** : Le BIM permet d'incorporer des informations pertinentes dès les premières étapes du projet, lorsque les ajustements n'ont pas encore d'implications financières significatives. La maquette numérique offre également une gestion en temps réel des quantités, facilitant ainsi le contrôle des coûts.
- **Gestion du patrimoine** : la maquette numérique améliore la gestion des espaces, simplifie la maintenance et contribue à une gestion durable du bâtiment.

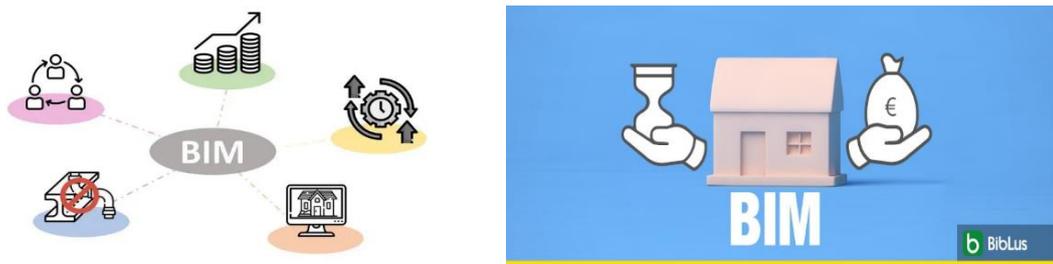


Figure 32. Les avantages de BIM. Source : <https://biblus.accasoftware.com/fr/pourquoi-le-bim-est-il-utile-pour-la-maitrise-douvrage/>

3. Utilisation de BIM dans un projet de réhabilitation énergétique

Selon un article du « **Moniteur** », d'ici 2050, 80% des travaux seront axés sur la réhabilitation des logements existants. Dans ce contexte, il devient impératif de renforcer les dimensions environnementales et énergétiques des outils BIM. L'objectif ultime du BIM est de faciliter la collaboration et le partage d'informations entre tous les acteurs d'un projet de construction. (**ZW FRANCE, 2022**).

À travers une maquette numérique 3D, toutes les données essentielles du projet (matériaux, systèmes de structure, coûts, etc.) peuvent être partagées, favorisant ainsi l'implication de tous les corps de métier. Cela permet non seulement de gagner du temps, mais aussi de faciliter la

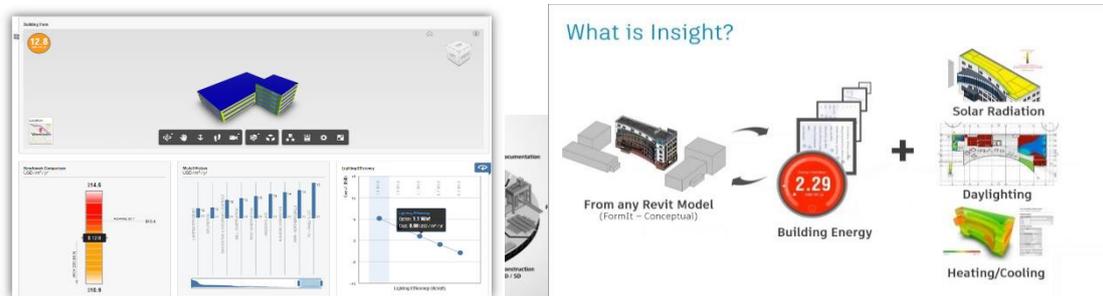


Figure 34. Outil Insight de Revit. Source : <https://www.youtube.com/playlist?app=desktop&list=PLY-ggSrSwbZqxi8cx3lgp9b3uDkTsYSy>

prise de décision, notamment lors du choix d'une isolation thermique avant le début des travaux. (ZW FRANCE,2022).

4. Outil Insight de Revit : logiciel d'analyse des performances du bâtiment

4.1. Définition de l'outil Insight

Insight est un moteur de simulation avancé et un logiciel d'analyse des performances du bâtiment intégrés à Revit. Conçu spécialement pour les architectes et les ingénieurs, il fournit des modèles énergétiques détaillés de vos projets. (Graitec,2023)

Effectuez des analyses sur les calculs de la charge de chauffage et de refroidissement des bâtiments.

4.2. Pourquoi utiliser Insight ?

Il s'agit d'un moteur de simulation complet et d'un outil d'analyse de la performance du bâtiment et plusieurs autres fonctions tels que (Graitec,2023) :

- **Performance du bâtiment** : Cette solution logicielle vous offre une vision orientée résultats et intuitive de l'optimisation énergétique et environnementale, couvrant la phase de conception jusqu'à l'exploitation.
- **Retours en temps réel** : Analysez et interagissez avec des indicateurs clés de performance, des facteurs et des portées pour améliorer vos décisions en matière de conception et accroître l'efficacité de vos projets.
- **Intégration du flux de travail BIM** : Avec les moteurs de simulation d'Insight, collaborez en ligne avec FormIt Pro et Revit pour générer automatiquement des modèles énergétiques à chaque étape du projet.

- **Énergie pour l'ensemble du bâtiment** : Concevez des bâtiments plus efficaces en capturant les interactions complètes de la structure et des systèmes grâce à une simulation dynamique de l'énergie thermique.
- **Analyse de la lumière du jour** : Permettez aux architectes et ingénieurs de concevoir, simuler et calculer les paramètres de la lumière du jour ainsi que l'exposition annuelle au soleil.
- **Charges de chauffage et de refroidissement** : Utilisez les données d'analyse pour calculer la charge totale de chauffage et de refroidissement du bâtiment, conformément à la méthodologie du bilan thermique d'EnergyPlus. Atteignez vos objectifs de durabilité et suivez les initiatives de construction pour des bâtiments plus écologiques sur le plan énergétique.

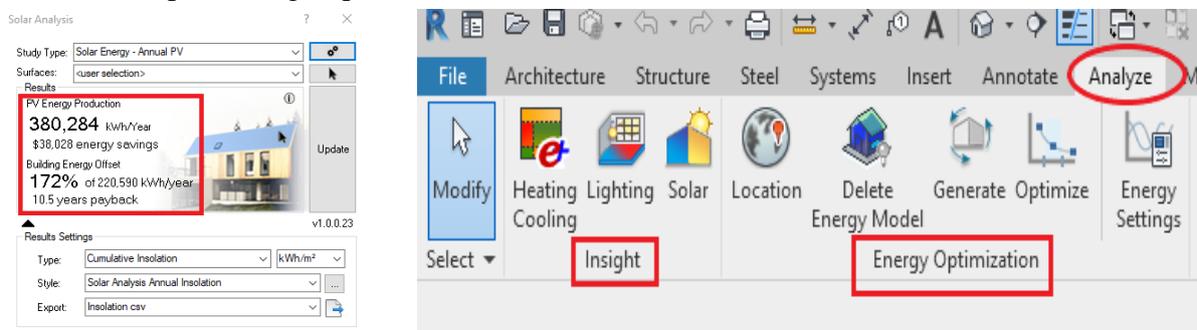


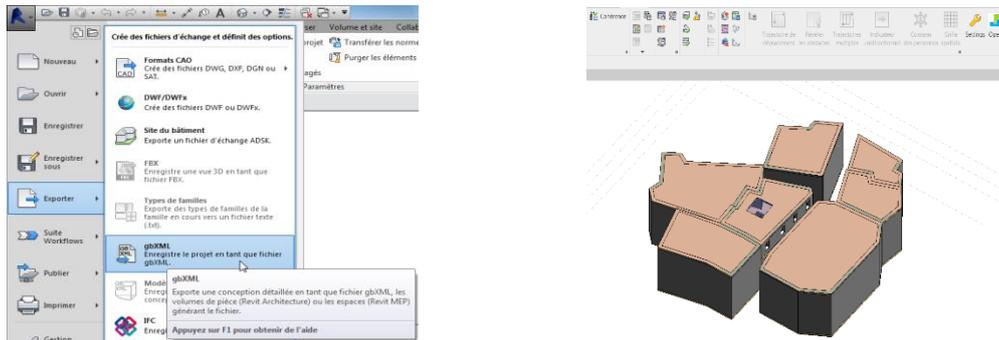
Figure 35. Les fonctions d'Outil Insight. Source: <https://www.autodesk.fr/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/FRA/How-is-PV-Energy-Production-calculated-when-using-Insight-in-Revit.html>

5. Outil DesignBuilder : logiciel d'analyse et de simulation énergétique des performances du bâtiment.

L'intégration de la méthode Design-Build avec le BIM repose sur une collaboration étroite et une communication transparente entre toutes les parties. En exploitant le BIM tout au long du cycle de vie du projet, de la conception à la construction et jusqu'à l'exploitation, les équipes peuvent améliorer la qualité, réduire les erreurs, optimiser les coûts et accélérer les délais de livraison. Cette approche holistique permet de réaliser des projets plus efficaces et durables, répondant aux exigences et attentes des clients.

- **Les étapes pour utiliser DesignBuilder dans le cadre du BIM**
 1. **Préparation du modèle BIM** : Créez ou obtenez un modèle BIM détaillé avec des logiciels comme Revit ou ArchiCAD, en intégrant toutes les informations géométriques et les caractéristiques.
 2. **Exportation du modèle BIM** : Exportez le modèle BIM au format compatible avec DesignBuilder, comme gbXML ou IFC, en vérifiant que toutes les informations

nécessaires pour une année ou utilisation d'option Design Bulder qui situé au niveau de revit comme un plugin.



- 3. Importation dans DesignBuilder :** Importez le fichier exporté dans DesignBuilder et vérifiez que toutes les zones, surfaces et matériaux sont correctement représentés.
- 4. Paramétrage des simulations :** Définissez les paramètres de simulation, y compris les conditions climatiques, les horaires d'occupation, les systèmes CVC et les caractéristiques des équipements. Ajustez les détails pour affiner les résultats des simulations.
- 5. Exécution des simulations énergétiques :** Effectuez des simulations pour analyser la performance énergétique du bâtiment. Examinez les résultats pour identifier les points faibles et les opportunités d'amélioration.

Conclusion

L'état de l'art nous a permis de collecter des informations sur les concepts liés à l'environnement qui sont l'architecture bioclimatique, le confort thermique, l'efficacité énergétique qu'il faudra essayer d'introduire et appliquer dans notre intervention, nous avons aussi étudié les concepts liés au projet qui nous ont permis d'avoir une idée globale sur le tourisme et le tourisme durable et aussi une idée plus détaillée sur les villages touristiques avec ses différentes composantes. Dans cette analyse, nous avons étudié des exemples nationaux et internationaux de villages touristiques réalisés, ce qui nous a permis de nous inspirer de leurs programmes pour la programmation de notre projet et d'examiner les aspects bioclimatiques utilisés dans ces projets. Pour la modélisation BIM, nous avons choisi l'outil DesignBuilder pour simuler le confort et l'énergie, contrairement à l'outil Insight qui se concentre uniquement sur l'aspect énergétique. Ce chapitre représente la base sur laquelle nous devons commencer notre conception.

CHAPITRE 03 : CAS D'ETUDE.

INTRODUCTION :

En considération de l'importance accordée à la réhabilitation énergétique et face à la nécessité pressante de conserver les constructions anciennes tout en améliorant leurs performances énergétiques dans la ville d'Alger, notre vision s'oriente vers la promotion d'une approche énergétique durable et novatrice. Conscient du besoin de modernisation énergétique dans la capitale, notre voyage de recherche a débuté pour élaborer un projet significatif répondant à cette problématique, se traduisant par la conception d'un programme de réhabilitation énergétique ambitieux pour la Casbah d'Alger, un site historique emblématique.

Ce projet vise à allier les impératifs énergétiques du présent avec la préservation du patrimoine culturel ancien, contribuant ainsi au développement durable de la ville tout en suscitant l'intérêt des acteurs locaux et internationaux impliqués dans les questions énergétiques. Dans cette démarche, ce chapitre détaillera le choix du site, l'analyse urbaine, les spécificités du lieu, et les fondements du projet jusqu'aux détails techniques de la réhabilitation énergétique.

SECTION 01 : PARTIE URBAINE

1.Choix de la ville ; Alger la capitale

La ville d'Alger occupe une position de premier plan en tant que capitale de l'Algérie, démontrant la riche histoire et la diversité du pays. Ancrée dans des siècles d'histoire, Alger a été témoin de nombreuses époques, de la période ottomane à la période de colonisation en passant par son rôle central dans la lutte pour l'indépendance de l'Algérie. Cette métropole méditerranéenne combine harmonieusement les influences arabes et berbères françaises, créant ainsi une image vivante de la richesse culturelle du pays. Les monuments emblématiques tels que la Casbah, classée au patrimoine mondial de l'UNESCO, témoignent de la grandeur passée de la ville, tandis que les boulevards modernes reflètent son engagement envers le progrès.



Figure 39. Une image qui représente la diversité et la richesse de la ville d'Alger. Source : [Auteurs](#)

1.1. Présentation de l'aire de référence

Alger, située à environ 47 km au nord-est et capitale de l'Algérie, occupe une position dans le réseau urbain du pays. Nichée sur le littoral méditerranéen, à une distance d'une dizaine de kilomètres de la mer, Alger bénéficie d'une position géographique qui la distingue comme lieu de transition entre les montagnes environnantes et la plaine côtière. Cet emplacement unique influence non seulement le climat de la région, mais également son rôle important dans la connectivité régionale, tant d'un point de vue économique que géopolitique. En tant que centre politique et économique majeur, Alger joue un rôle central dans la culture, le commerce et les échanges entre l'Afrique du Nord, l'Europe et le Moyen-Orient.



Figure 40. Situation de la ville d'Alger. Source : [Auteurs](#)

1.2. Présentation de l'aire d'étude (La Casbah d'Alger)

La Casbah d'Alger, le noyau original, constitue le cœur historique, un type de médina unique et un lieu de mémoire autant que d'histoire, elle occupe un emplacement stratégique qui fait face à la mer Méditerranée et la baie d'Alger. Un site riche en apprentissage par son identité, son implantation sur un terrain en pente d'un dénivelé de 120m au-dessus de la mer, un positionnement qui offre des vues extraordinaires et exceptionnelles. Elle est inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO en reconnaissance de son importance culturelle et historique en 1992. Aujourd'hui, elle souffre d'un état d'abandon par les autorités, un cadre

bâti en dégradation extrême qui provoque des risques et des catastrophes d'effondrement sur les habitants et qui nécessite des interventions pour préserver et sauver ce patrimoine vivant.



Figure 41. Une illustration représentant l'identité de la Casbah d'Alger. Source : [Auteurs](#)

1.3. Situation et accessibilité de la Casbah d'Alger

La Casbah d'Alger est édifée sur les reliefs topographiques de la colline de Bouzareah, occupant une position géographique distinctive à l'extrémité de la baie d'Alger. Ses limites sont déterminées par des points cardinaux : au nord, elle est délimitée par Bab el Oued, au sud par le centre-ville d'Alger, à l'est par les eaux de la mer Méditerranée, et à l'ouest par la ville d'El Biar. Elle est accessible depuis les trois communes voisines : Bab el Oued, Alger centre et El Biar, avec un total de six accès par route. Ajoutant à ça, on trouve sur la périphérie de la Medina les différentes stations du transport public : Les stations de bus, les deux stations de métro (Ali Boumendjel, La Place Des Martyrs) et la gare du train (La gare d'Alger). Ce qui rend la Casbah un musée en plein ciel accessible depuis toutes les communes environnantes et par presque tous les moyens de transport public.

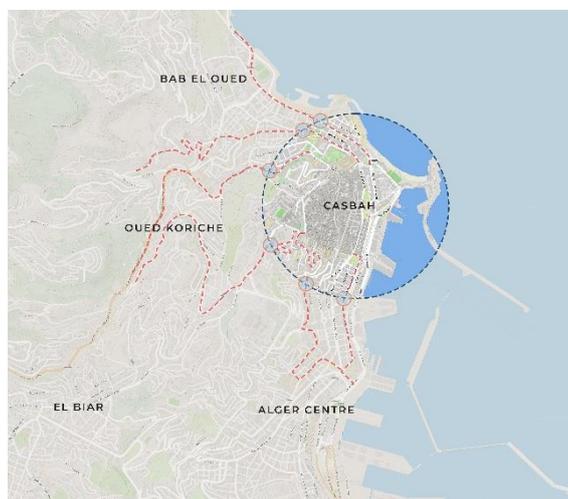


Figure 42. Carte représente Situation et accessibilité de la Casbah d'Alger. Source : [Auteurs](#)

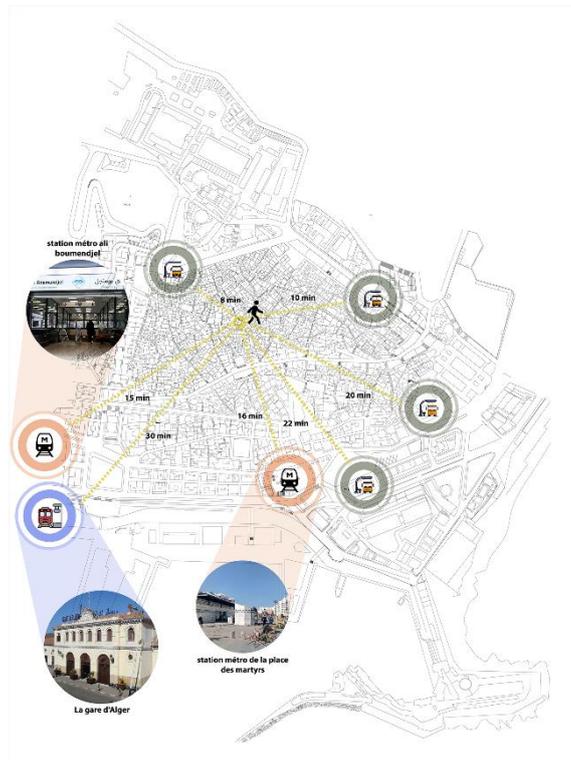


Figure 43. Carte représente les stations du transport publique. Source : [Auteurs](#)

1.4. Motivations de choix

01- Patrimoine Culturel et Historique

La Casbah d'Alger est inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO en raison de sa richesse culturelle et historique. La réhabilitation énergétique de la Casbah permettrait de préserver ce patrimoine tout en modernisant ses infrastructures.

02- Conservation de l'Architecture Traditionnelle

La Casbah est connue pour son architecture traditionnelle unique, avec des ruelles étroites, des maisons en terrasse et des bâtiments historiques. La réhabilitation énergétique peut être conçue de manière à respecter et à préserver ces caractéristiques architecturales tout en améliorant l'efficacité énergétique.

03- Amélioration des Conditions de Vie

La Casbah est également habitée, et la réhabilitation énergétique peut contribuer à améliorer les conditions de vie des résidents en fournissant un environnement plus confortable, sain et économe en énergie.

05- Éducation et Sensibilisation

La Casbah peut être utilisée comme un cas d'étude éducatif pour sensibiliser le public à l'importance de la réhabilitation énergétique dans les zones historiques. Cela peut encourager d'autres initiatives similaires dans d'autres régions de l'Algérie.

04- Développement Durable

La réhabilitation énergétique de la Casbah peut servir d'exemple de pratique durable en préservant l'environnement et en réduisant la consommation d'énergie. Cela peut inclure l'utilisation de sources d'énergie renouvelable, la mise en place de systèmes de récupération d'énergie, et la conception de bâtiments à faible consommation d'énergie.

2. Analyse historique

2.1. Genèse de la Medina : La Casbah entre hier et aujourd'hui

La Casbah d'Alger a été témoin de diverses influences architecturales, notamment arabes, andalouses et ottomanes. Au cours de son histoire, la Casbah a été le centre politique et culturel d'Alger, avec des transformations architecturales reflétant les différentes époques. Malgré les séismes, les occupations étrangères et les changements politiques, la Casbah a su préserver son caractère unique, aujourd'hui reconnu comme un site du patrimoine mondial, offrant un voyage à travers l'évolution urbaine et culturelle de cette vieille ville méditerranéenne. Cette lecture historique de la médina nous aide à élaborer une synthèse contenant plusieurs notions et informations qui peuvent nous aider dans notre conception et intervention urbaine.

À l'instar de toutes les villes historiques à travers le monde, la Casbah d'Alger a subi un processus évolutif de formation et de transformation. Pour appréhender pleinement cette évolution, il est crucial d'examiner et d'analyser la genèse de ce quartier à travers ses différentes périodes historiques. Cette démarche permet de mettre en lumière les éléments fondamentaux de sa croissance ainsi que les traits distinctifs de son développement au fil du temps.

Selon le plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur du secteur sauvegardé (PPSMVSS)⁶, la Médina connaîtra plusieurs changements jusqu'à atteindre son état actuel. Ces transformations peuvent être divisées en cinq périodes.

⁶ **Le plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur du secteur sauvegardé (PPSMVSS)** : est un document d'urbanisme destiné à protéger et valoriser les zones urbaines d'intérêt patrimonial. Il encadre les interventions et aménagements pour préserver le caractère historique tout en permettant un développement urbain harmonieux. Le PPSMVSS s'impose aux documents d'urbanisme locaux après approbation par les autorités compétentes.

Période phénicienne : Le Site Fut Habité Au Moins Dès Le 6ème Siècle Avant Notre Ère Quand Un Comptoir Phénicien y Fut Installé, C'est Le Comptoir D'IKOSIUM. L'agglomération Était Constituée De Quelques Constructions Élevées Sur L'ilot Principal, Un Dépôt De Marchandises, Entoures D'une Construction Défensive

Période Romaine : Au 1er siècle avant J.C., les Romains ont succédé aux Phéniciens, et la ville a pris le nom d'Icosium. Ainsi, la cité s'est développée à l'intérieur d'un mur de rempart, avec la création de deux axes principaux : le Decumanus (de Bab Azzoun à Bab el Oued) et le Cardo. L'intersection de ces axes formait un Forum, où se déroulaient la vie économique, politique et religieuse de la cité. On y trouvait également des structures telles qu'un théâtre, une citerne et un réservoir.



Figure 44. Carte représente la période phénicienne. Source : [PPSMVS traité par auteurs](#)



Figure 45. Cartes représente la période romaine. Source : [PPSMVSS traité par auteurs](#)

Période Arabo-berbère : Au X^{ème} siècle, la ville était déjà entourée d'une enceinte plus robuste que la première, répondant ainsi aux exigences militaires et démographiques de l'époque, notamment le prolongement de la ville vers la colline. Les principes de la ville musulmane étaient mis en œuvre, comprenant des éléments structurants tels que le Mur de Rempart et les portes, notamment Bab Azzoun, Bab El Bhar, Bab Djezira et Bab Al Djanan. La citadelle, représentant Al Qasbah Qadima, est actuellement l'îlot de Sidi Ramdan. Le souk est situé dans la rue commerçante du Decumanus et du Cardo, tandis que plusieurs mosquées ont été construites, dont la Mosquée Sidi Ramdan au XI^e siècle, la Mosquée El Kébir en 1096, et la Mosquée Keci Ove en 1612.

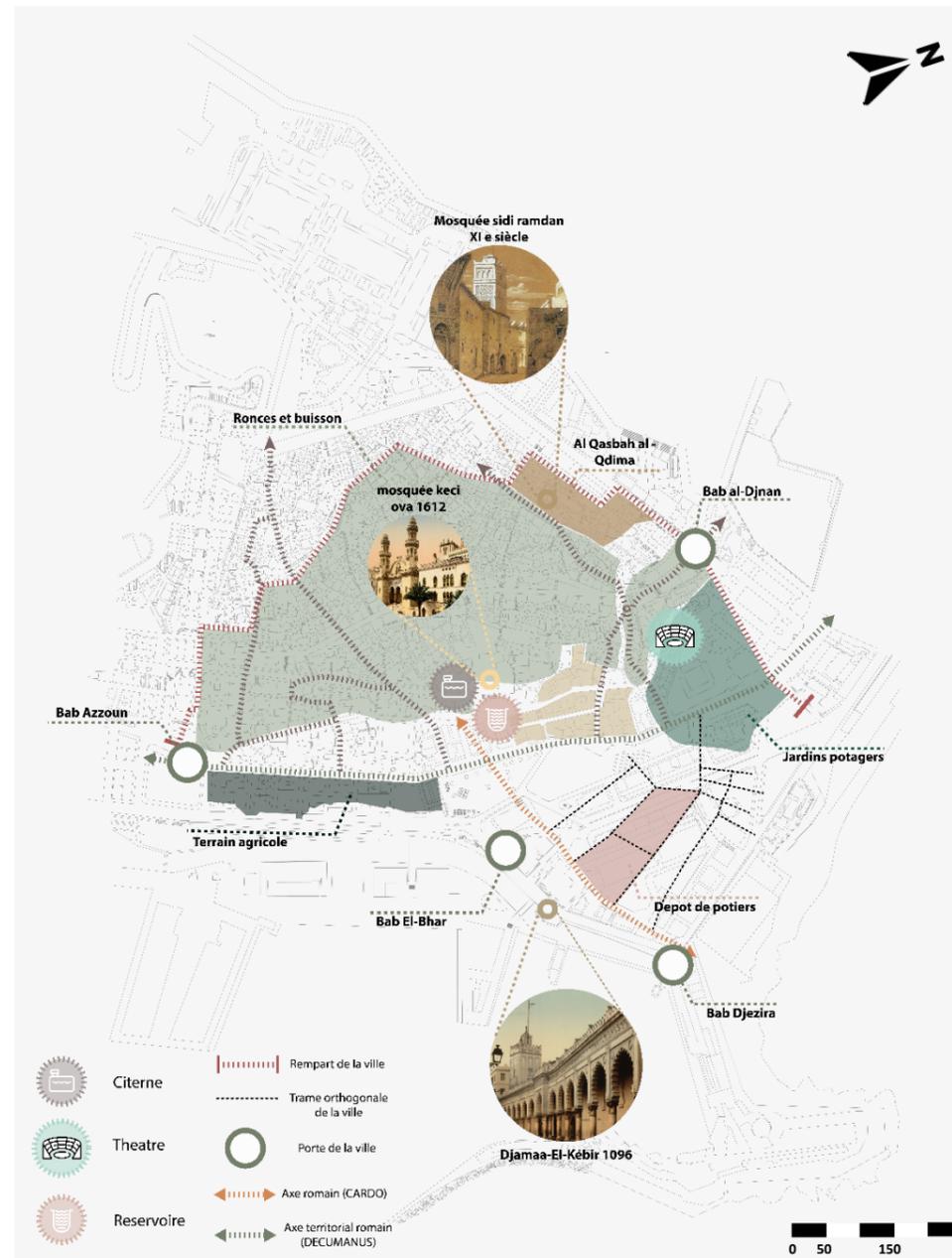


Figure 46. Cartes représente la période Arabo-berbère. Source : [PPSMVSS traité par auteurs](#)

Période ottomane : Les Turcs achevèrent l'agrandissement du mur de rempart et le déplacement de la Citadelle d'environ 300 mètres au sud-ouest, avec une organisation urbaine comprenant 5 portes principales : Bab Azzoun, Bab El Bhar, Bab Djezira, Bab el Oued, Bab Djedid, ainsi que plusieurs quartiers comprenant environ 12 000 Douira et 159 mosquées telles que Djamaa el Jedid, Mosquée el-Sayida, Mosquée el-Safir, 60 cafés, et de nombreux palais et écoles. Pendant cette période, la Casbah fut divisée en deux zones en fonction de la topographie : une zone commerciale située dans la partie basse (Al-Wata) et une zone résidentielle occupant la colline (Al-Jabal). Ces deux fonctions étaient séparées par l'axe de Bab Azzoun à Bab el Oued.

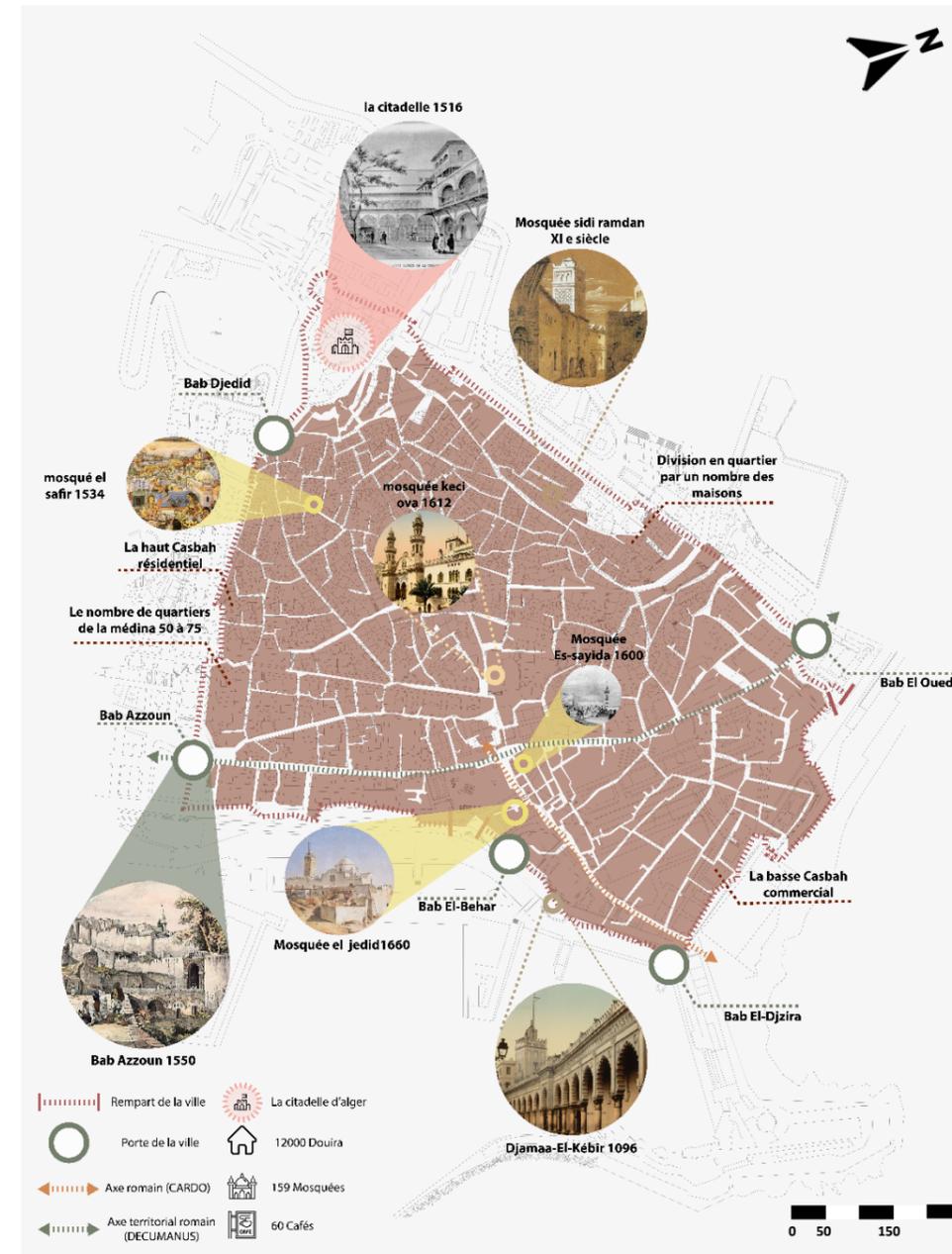


Figure 47. Carte représente la Période ottomane. Source : [PPSMVSS traité par auteurs](#)

Période coloniale : Les Français ont opéré des changements radicaux dans la Casbah à travers plusieurs interventions. Tout d'abord, la restructuration de la rue Bab Azzoun par des élargissements, créant les boulevards de la République et Gambetta. De plus, des percements ont été effectués au niveau de la citadelle, créant le boulevard de la Victoire pour séparer la citadelle de la Casbah, et la destruction de la mosquée Es-Sayida. Pour la deuxième intervention, des voies d'accès ont été créées dans la Casbah, notamment les rues Randon et Marengo, ainsi qu'un chemin de fer au niveau du port. En outre, plusieurs places et équipements ont été ajoutés, conformément à la carte.

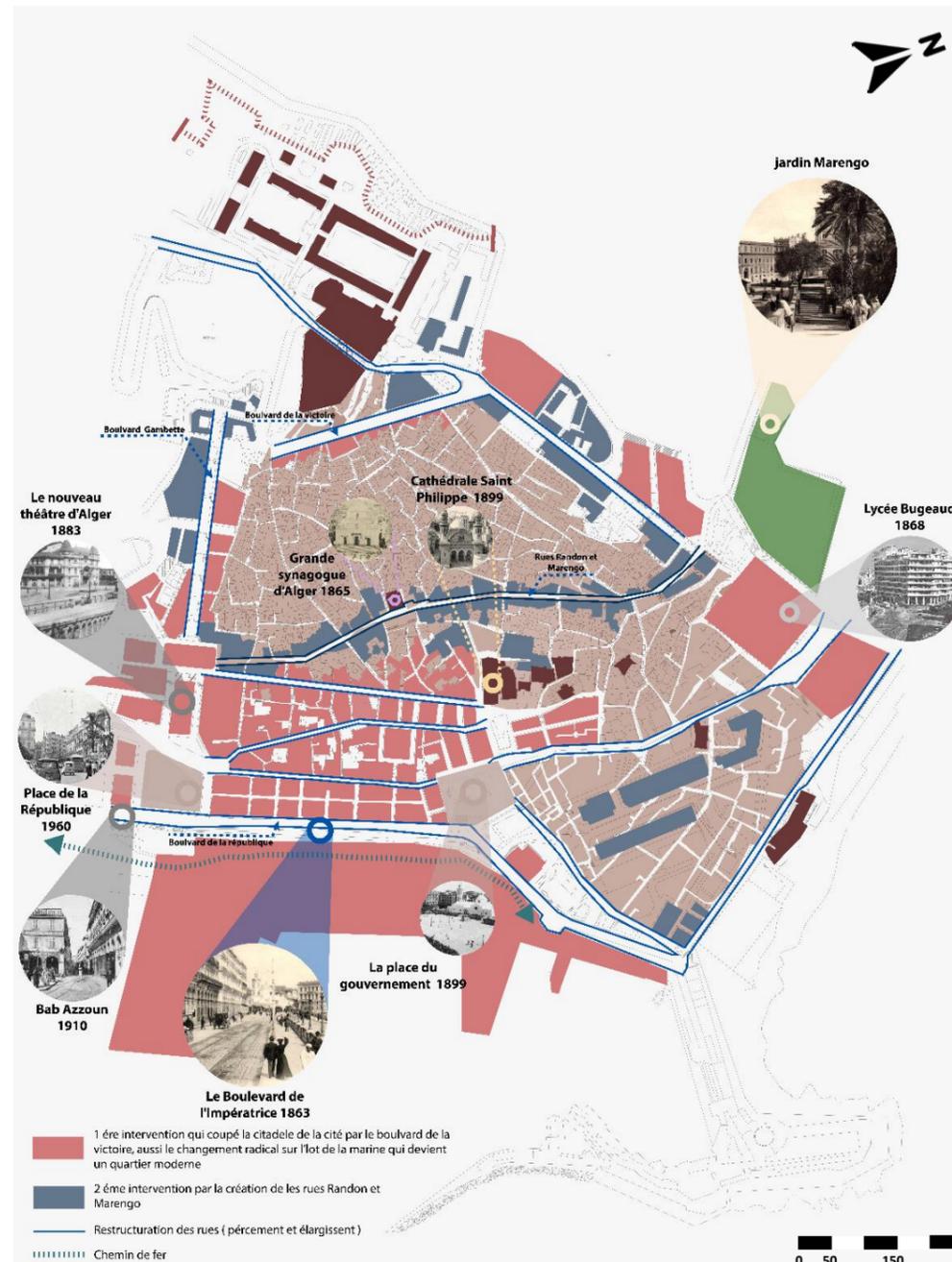


Figure 49. Carte représente la période coloniale. Source : PPSMVSS traité par auteurs

3. Approche typo-morphologique

3.1. Présentation de l'approche

La typo-morphologie est une méthode d'analyse apparue dans l'école d'architecture italienne des années 60. Il s'agit d'une combinaison entre l'étude de la morphologie urbaine et celle de la typologie architecturale, à la jonction des deux disciplines que sont l'architecture et l'urbanisme. La typo-morphologie aborde la forme urbaine par les types d'édifices qui la composent et leur distribution dans la trame viaire. Plus précisément, cela consiste à penser en termes de rapports la forme urbaine (trame viaire, parcellaires, limites, etc.) et la typologie c'est-à-dire les types de construction (position du bâti dans la parcelle, distribution interne, etc.). Les types s'inscrivent ainsi dans certaines formes urbaines plus que dans d'autres.

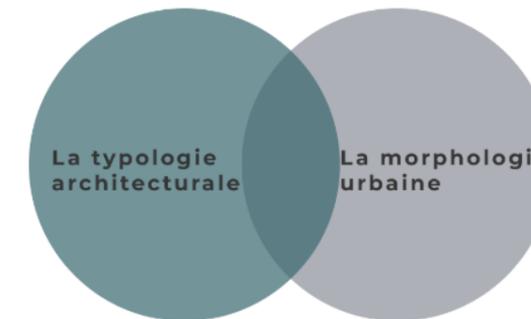


Figure 48. La combinaison entre l'étude de la morphologie urbaine et la typologie architecturale. Source : Auteurs

L'objectif principal de l'approche typo-morphologique est de comprendre et d'analyser les structures et évolutions des formes urbaines en étudiant les typologies architecturales et les configurations spatiales. Cette compréhension permet d'informer les décisions de planification urbaine, en respectant le patrimoine historique et en favorisant un développement durable. Pour assurer cet objectif il existe 4 systèmes :

- **Système parcellaire**
- **Système Viaire**
- **Système bâti**
- **Typologie des bâtiments de la Casbah d'Alger**

3.2. Analyse des quatre systèmes

3.2.1. Système bâti :

La densité du bâti dans la Casbah d'Alger est assez élevée en raison de la topographie particulière de la zone et de la manière dont elle a évolué au fil du temps. La Casbah est construite sur une colline escarpée qui descend vers la mer Méditerranée. Cette topographie a influencé la disposition et la densité des bâtiments dans la région. Les ruelles étroites, les passages sinueux et les maisons imbriquées les unes dans les autres ont contribué à une densité urbaine significative. Cette disposition a été conçue pour optimiser l'utilisation de l'espace disponible tout en fournissant des zones d'ombre et de ventilation naturelle dans le contexte du climat méditerranéen.

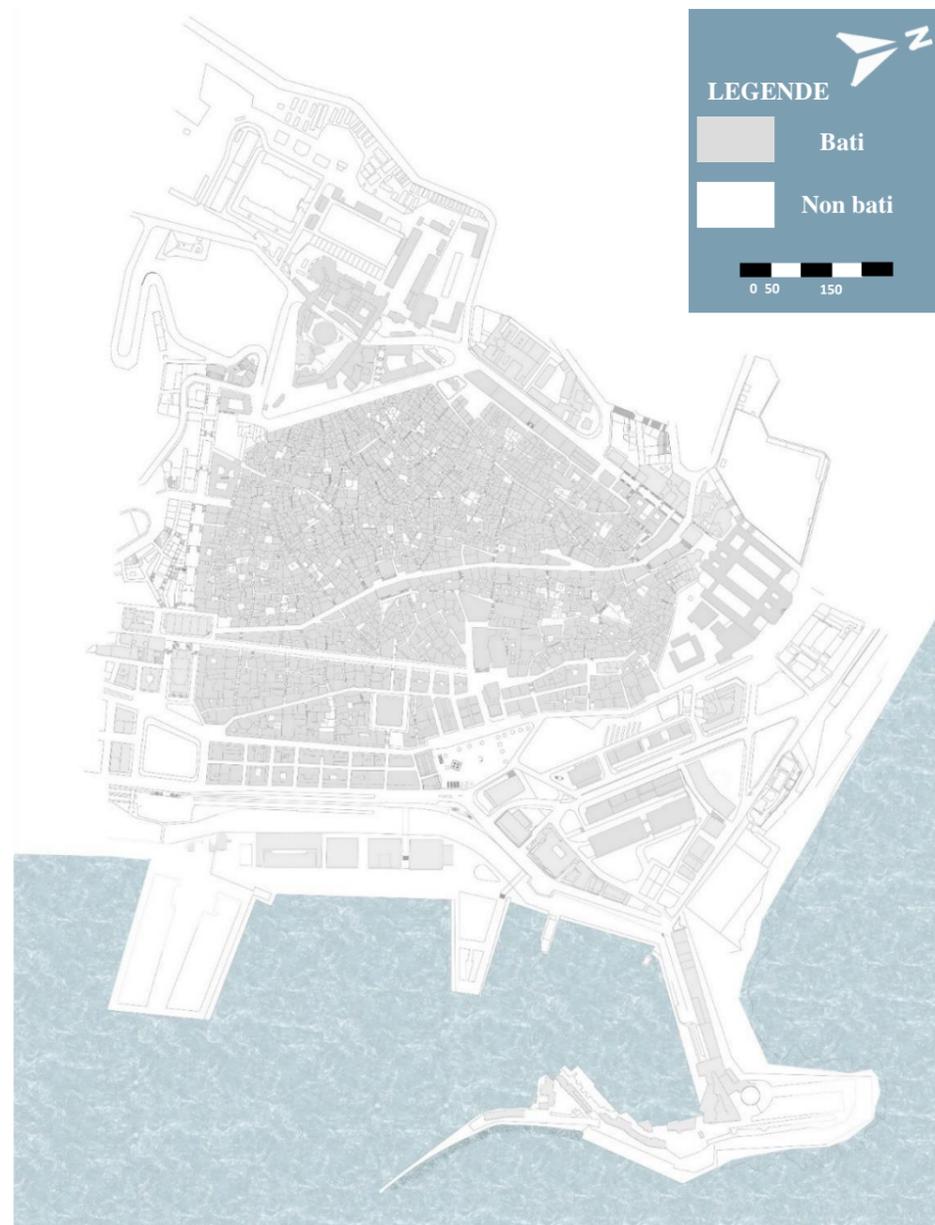


Figure 50. Carte représente le système bâti. Source : [PPSMVSS traité par auteurs.](#)

3.2.2. Système Viaire :

Les ruelles de la Casbah sont souvent étroites, créant un réseau dense de passages qui serpentent à travers la colline. Ces ruelles étroites forcent la mobilité réduite dedans. On remarque que la Medina est limitée des deux côtés par deux voix mécaniques d'une grande importance. Ajoutant à ça la voix mécanique, la ville est pénétrée par une voix mécanique datant de la période mécanique, on parle sur la rue Arbadji Abderrahmane.

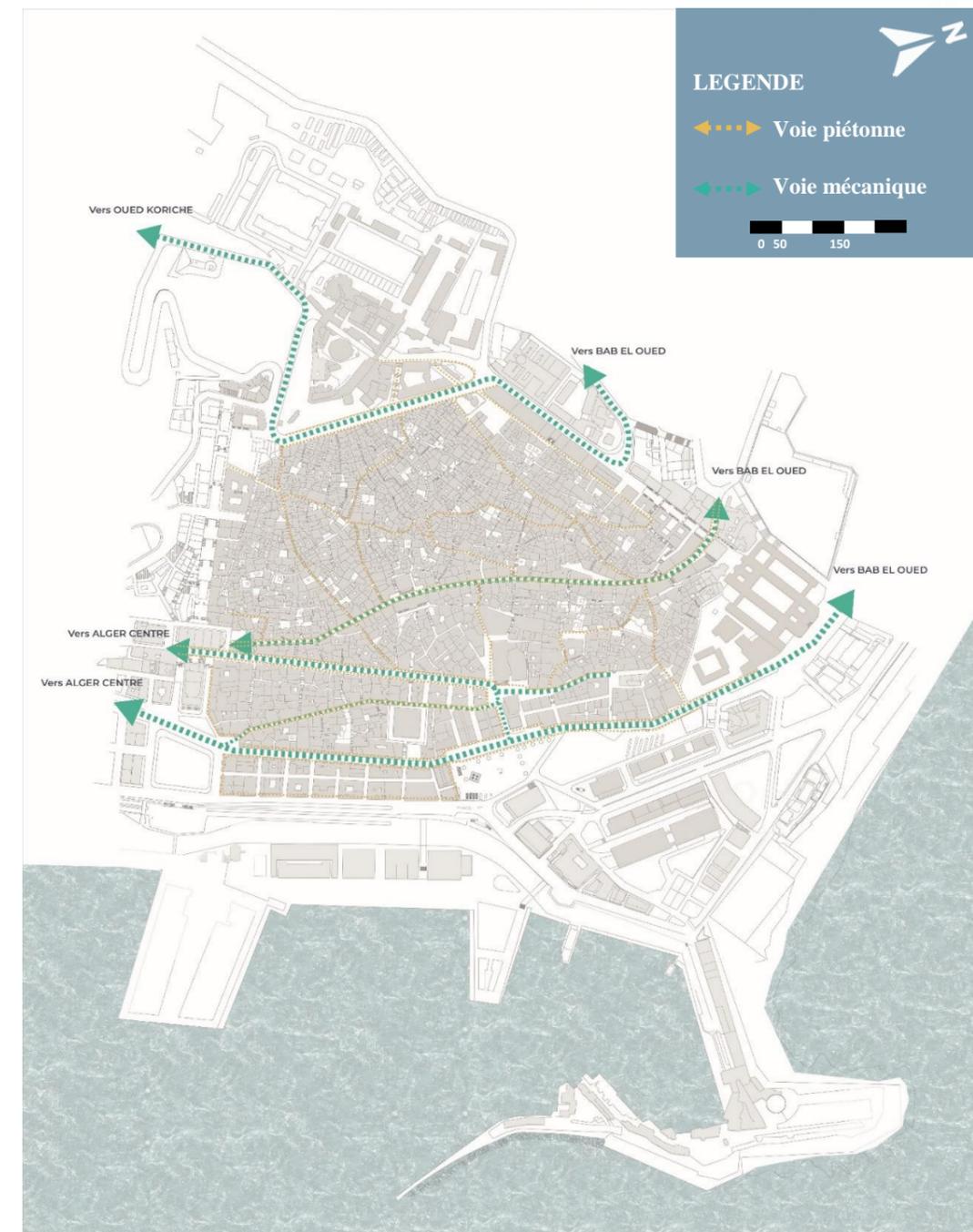


Figure 51. Carte représente le système viaire. Source : [PPSMVSS par auteurs.](#)

3.2.3. Système parcellaire :

On remarque que les ilots dans la partie haute de la casbah sont devisés aléatoirement selon l'emplacement des bâtiments. Contrairement à ça on trouve que les ilots dans la basse casbah sont plus réguliers à cause des interventions réalisées durant la période coloniale.

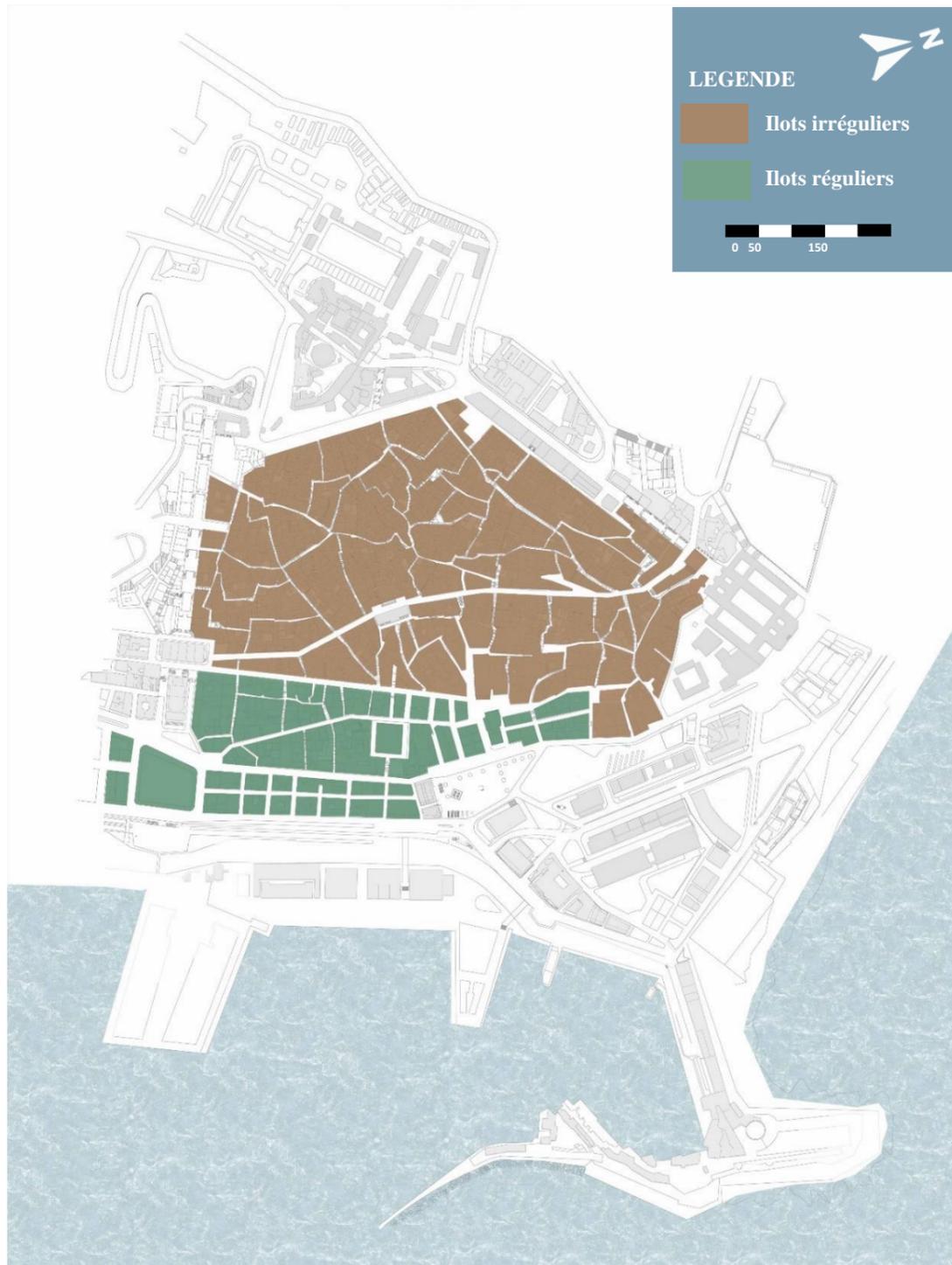


Figure 52. Carte représente le système parcellaire. Source : [PPSMVSS traité par auteurs.](#)

3.2.4. Typologie des bâtiments de la Casbah d'Alger :

La Casbah d'Alger présente une variété de typologies de bâtiments qui reflètent son histoire multiculturelle et la diversité de ses usages au fil des siècles. Nous remarquons la dominance des maisons traditionnelles (Maisons à patio, à chbek, aloui) dans la partie supérieure de la Casbah avec une présence des bâtiments coloniaux sur sa périphérie. Contrairement à la haute Casbah, on remarque plus de bâtiments coloniaux avec une présence timides des maisons traditionnelles.

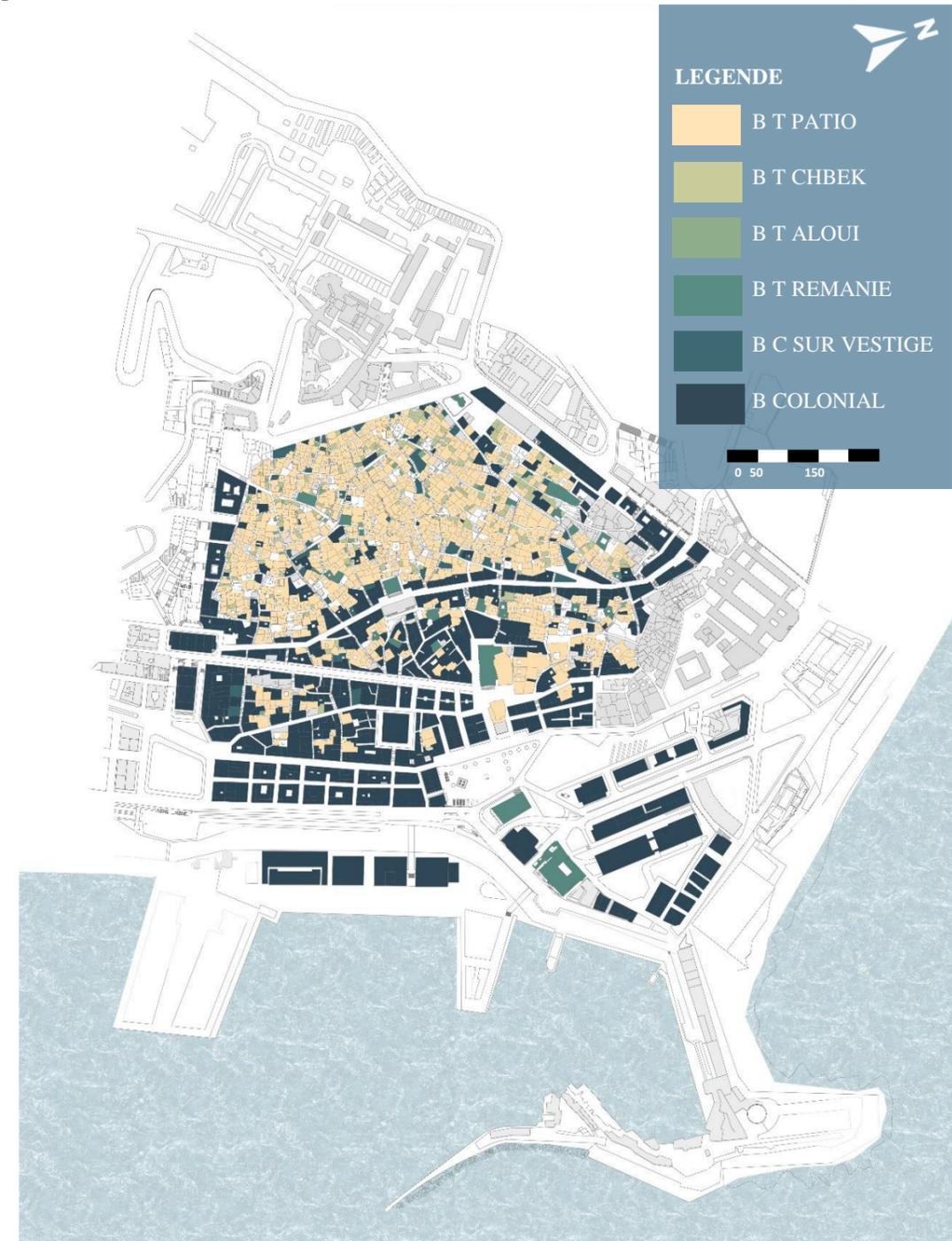


Figure 53. Carte représente la typologie des bâtiments. Source : [PPSMVSS traitée par auteurs.](#)

4.Approche méthodologique adoptée par Lynch :

4.1. Présentation de l'approche

Kevin Lynch (1918-1984) Architecte américain ayant étudié au MIT sous Frank Lloyd Wright et a été diplômé en 1947. Son livre « L'image de la cité » sort en 1960 et devient un classique de l'analyse urbaine perceptuelle. Lynch introduit le terme " imageability " pour décrire la capacité des formes urbaines à évoquer des images chez les individus, facilitant ainsi la formation d'images mentales collectives. La manière dont l'usager interagit avec les formes urbaines est une relation personnelle et subjective. Outre les filtres subjectifs, la morphologie et la configuration physique de la ville jouent un rôle essentiel dans la création de l'image perçue, à travers l'influence de cinq types d'éléments constitutifs du paysage urbain :

Les voies, les limites, les nœuds, les points de repère et les quartiers.

4.1.1. Les voies :

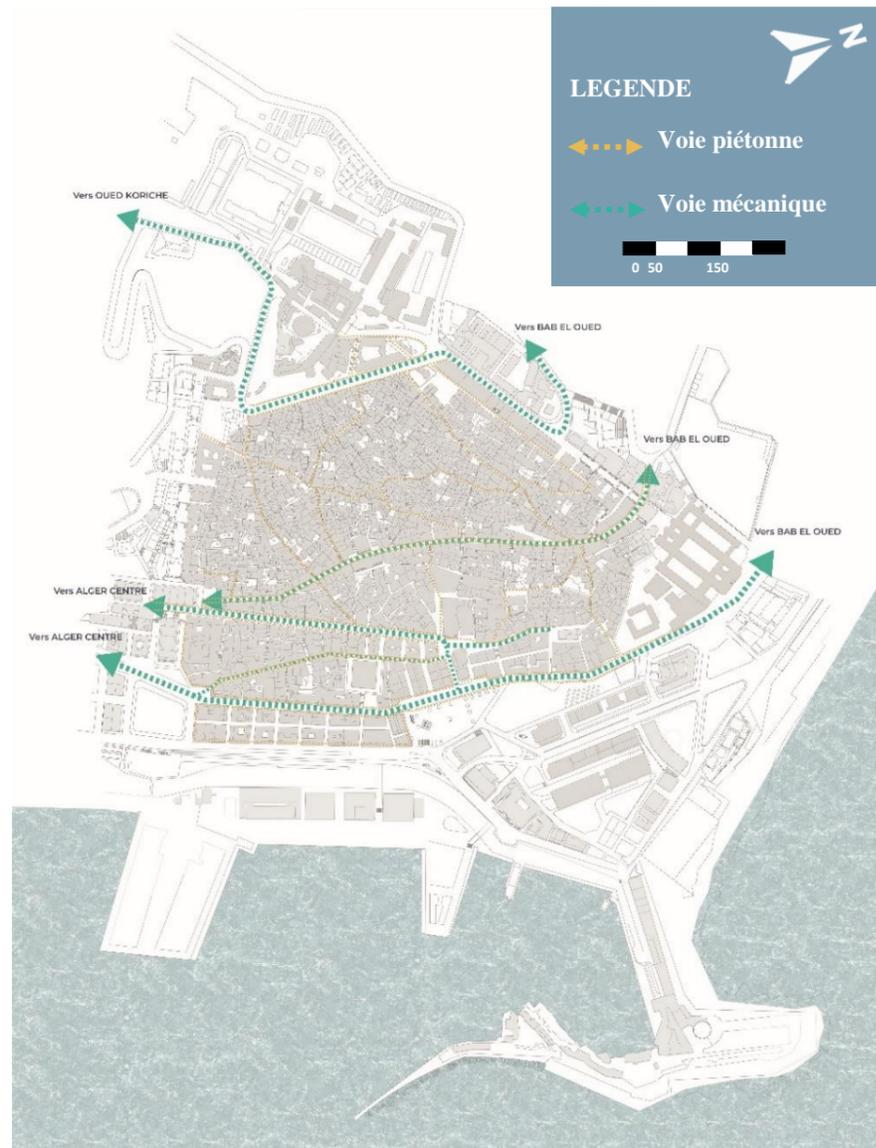


Figure 54. Carte représente les voies piétonnes et mécaniques. Source : [PPSMVSS traitée par](#)

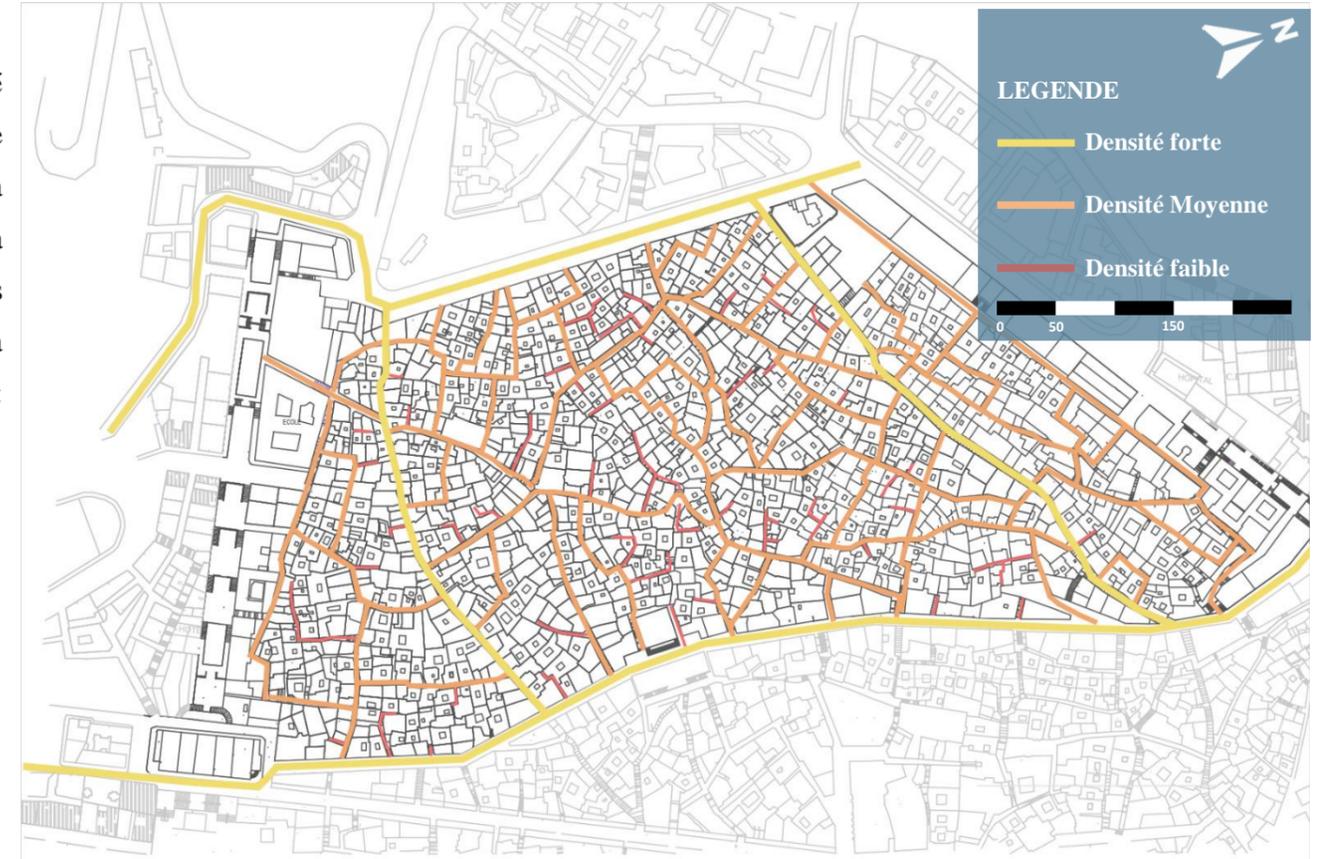


Figure 55. Hiérarchisation des voies dans la haute Casbah. Source : [PPSMVSS traitée par auteurs.](#)

"Les voies sont les canaux le long desquels l'observateur se déplace habituellement, et qui structurent l'organisation de la ville.» (Kevin Lynch, 1999)

On remarque une complexité des voies et des impasses surtout dans la partie haute de la casbah. On voit qu'il y'a deux voies qui pénètrent le quartier, ce sont : Rue Sidi Driss Hamidouche et Rue Rabah Riah. Ces deux rues se distinguent des autres par leur densité que ce soit des habitants ou des touristes. Concernant le reste on remarque une topographie labyrinthique qui est le résultat du développement historique, des contraintes géographiques et de l'adaptation locale. L'observation d'impasses ajoute une dimension spécifique à cette complexité, créant des zones isolées qui nécessitent une attention particulière en termes de circulation et d'urbanisme. (Voir figure 55).

4.1.2. Les limites :

"Les limites sont des éléments linéaires, non utilisés ou non perçus comme des voies, qui forment des barrières ou des divisions entre deux phases" (Kevin Lynch, 1999)

La médina est délimitée par divers types de limites/ : Naturelles, avec la présence de la falaise du front de mer ; physiques artificiels, marqués par les boulevards Ourida Meddad, Hadad Abderrezak, 1er Novembre et la rue Amr Ali-Arbadji Abderrahmane, ainsi que les bâtiments qui longent ces rues ; et artificielles fonctionnelles, incluant le Lycée Emir Abdelkader, la direction de la sûreté (DGSN), caserne, prison et gendarmerie.



Figure 56. Carte représente les limites de la Casbah. *Source : auteurs*

4.1.3 Les nœuds :

"Les nœuds sont les points stratégiques dans une ville dans lesquels un observateur peut entrer, et qui sont le foyer intense d'une activité » (Kevin Lynch, 1999)

Dans la casbah d'Alger, les nœuds stratégiques et les points de décision cruciaux sont symbolisés par des lieux emblématiques tels que la Place des Martyrs, la Place du 1er Novembre, le Square Port Saïd, la Place de la Mosquée Ketchaoua, Djamaa Ibn Fares et Serkadji.



Figure 57. Carte représente les nœuds stratégiques de la Casbah d'Alger. *Source : Auteurs*

4.1.4. Les points de repère :

"Les points de repère sont des objets physiques facilement identifiables qui servent de référence pour la navigation urbaine." (Kevin Lynch, 1999)

L'identification des repères dans un quartier aussi riche en histoire et en diversité culturelle que la Casbah d'Alger est captivante. On peut distinguer deux types de repères : ceux qui sont largement reconnus par les habitants et les visiteurs, et ceux qui ont une signification plus personnelle, connue seulement des résidents locaux.

D'un côté, les éléments architecturaux emblématiques tels que les grandes mosquées comme la mosquée Ketchoua, la mosquée Sidi Ramdane, la mosquée d'Ali Bitchin, Djamaa el Djedid, ainsi que les lieux et les artères principales telles que la Place des Martyrs, La Place du 1er Novembre et le Square Port Saïd sont largement reconnus par tous. Ces repères symbolisent l'identité caractéristique de la Casbah et jouent un rôle vital dans l'orientation urbaine tant pour les résidents que pour les visiteurs.

D'un autre côté, des repères plus personnels sont exclusivement connus des habitants eux-mêmes, comme les petites mosquées disséminées dans les quartiers, les "Hwanits" (lieux de rencontre) et même les palais. Ces éléments transmettent le tissu social étroit de la communauté locale, témoignant d'une histoire partagée et d'une intimité culturelle.

4.1.5. Les quartiers :

"Les quartiers sont les unités élémentaires de l'organisation urbaine, chacun avec son propre caractère distinctif et ses qualités qui contribuent à l'image globale" (Kevin Lynch, 1999)

Selon les questionnaires et les interviews faites avec les habitants locaux sur les quartiers dans la Casbah d'Alger, on a reçu la même réponse « on a un seul quartier, c'est la casbah qui est notre quartier ». D'après eux, durant les périodes avant le colonialisme, la Casbah d'Alger était la seule grande ville sur le territoire d'Alger, donc elle était divisée en plusieurs quartiers (raisons de sécurité). Mais après l'arrivée du colonialisme français et la construction des nouvelles villes autour la Medina (Comme Alger centre, El Biar ...), les habitants locaux ont senti qu'il faut traiter la Casbah comme une seule unité ou quartier pour unir leurs forces contre les colons et pour garder l'identité de cette vieille ville.

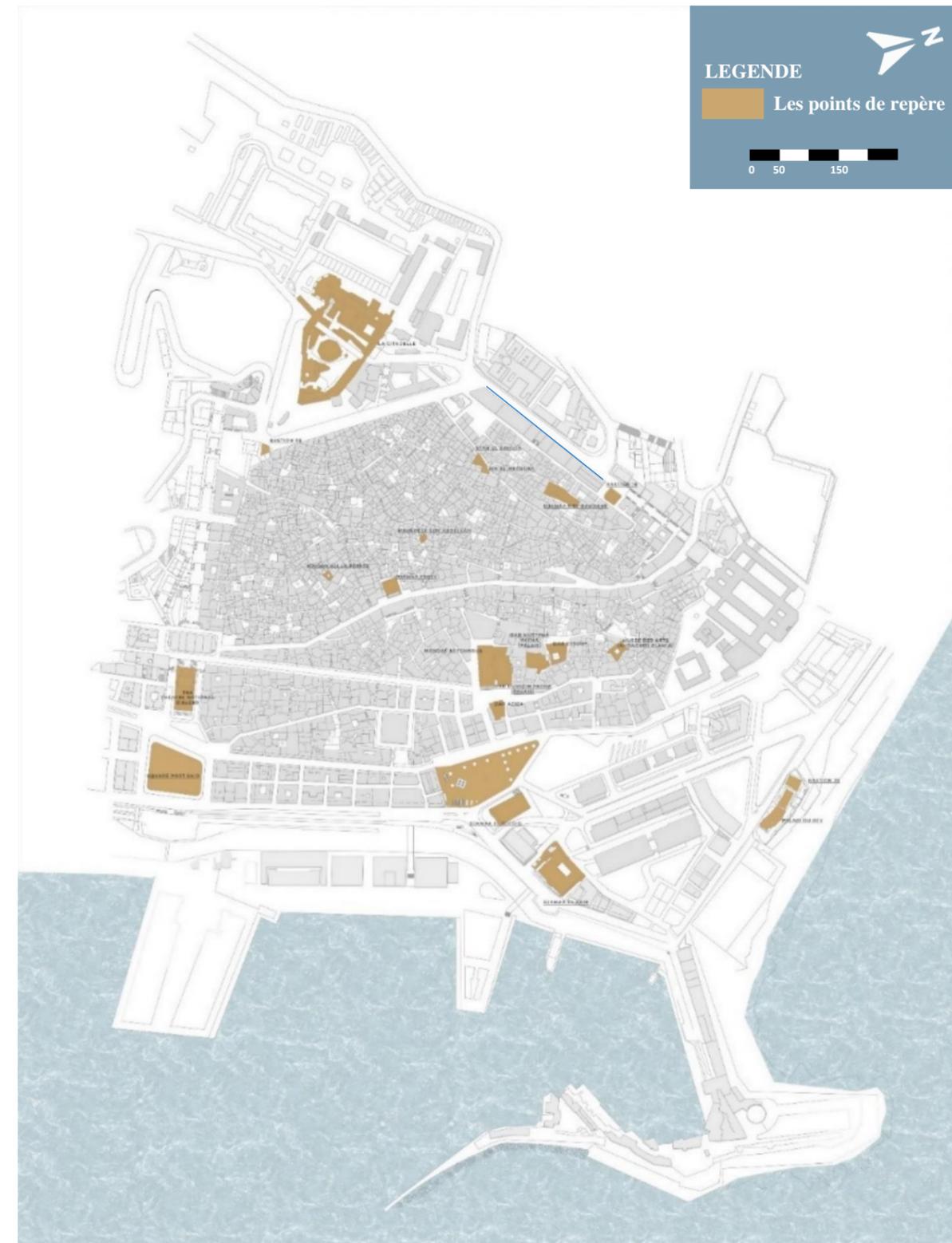


Figure 58. Carte représente les points de repères. *Source : PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.*

5. Classement des équipements

Nous avons élaboré un classement des équipements pour créer un parcours qui englobe une variété d'installations visant à animer et à faciliter la découverte de la Casbah d'Alger. Ce parcours comprendra une sélection soigneusement choisie d'espaces culturels, des points d'observation panoramique, des équipements culinaires, de boutiques artisanales, des Mosquées et même Les Ayouns, offrant ainsi une expérience enrichissante et immersive pour les visiteurs.

5.1. Les équipements culinaires :

Les équipements culinaires jouent un rôle crucial dans la Casbah d'Alger, enrichissant l'expérience culturelle et touristique du quartier. Les nombreux restaurants traditionnels, tels que Le Repère, Dar el Chdjour, Dar Yemma Casbah, Dar El Mahroussa et Dar El Baraka, offrent une diversité de saveurs authentiques qui reflètent le patrimoine gastronomique local. Ces établissements ne sont pas seulement des lieux de restauration, mais aussi des points de rencontre et d'échange, contribuant à l'animation et à la vitalité de la Casbah.



Figure 59. Carte représente les magasins culinaires. Source : [PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.](#)

5.2. Les magasins artisanaux :

La Casbah d'Alger abrite de nombreux espaces artisanaux, notamment des boutiques, des ateliers et des marchés, où les artisans locaux exposent leur savoir-faire qui mettant en valeur le riche patrimoine artisanal et culturel du quartier. Ces boutiques proposent une variété d'objets traditionnels, allant des poteries et tapisseries aux bijoux, ainsi qu'à l'industrie de la mosaïque (faïence locale de la Casbah d'Alger) et à la décoration en bois et en pierre (arcs, portes et fenêtres), permettant aux visiteurs de découvrir l'artisanat local authentique. En plus de soutenir l'économie locale, ces magasins servent de points de rencontre et d'échange culturel, contribuant à la préservation et à la promotion des savoir-faire ancestraux et à l'animation.

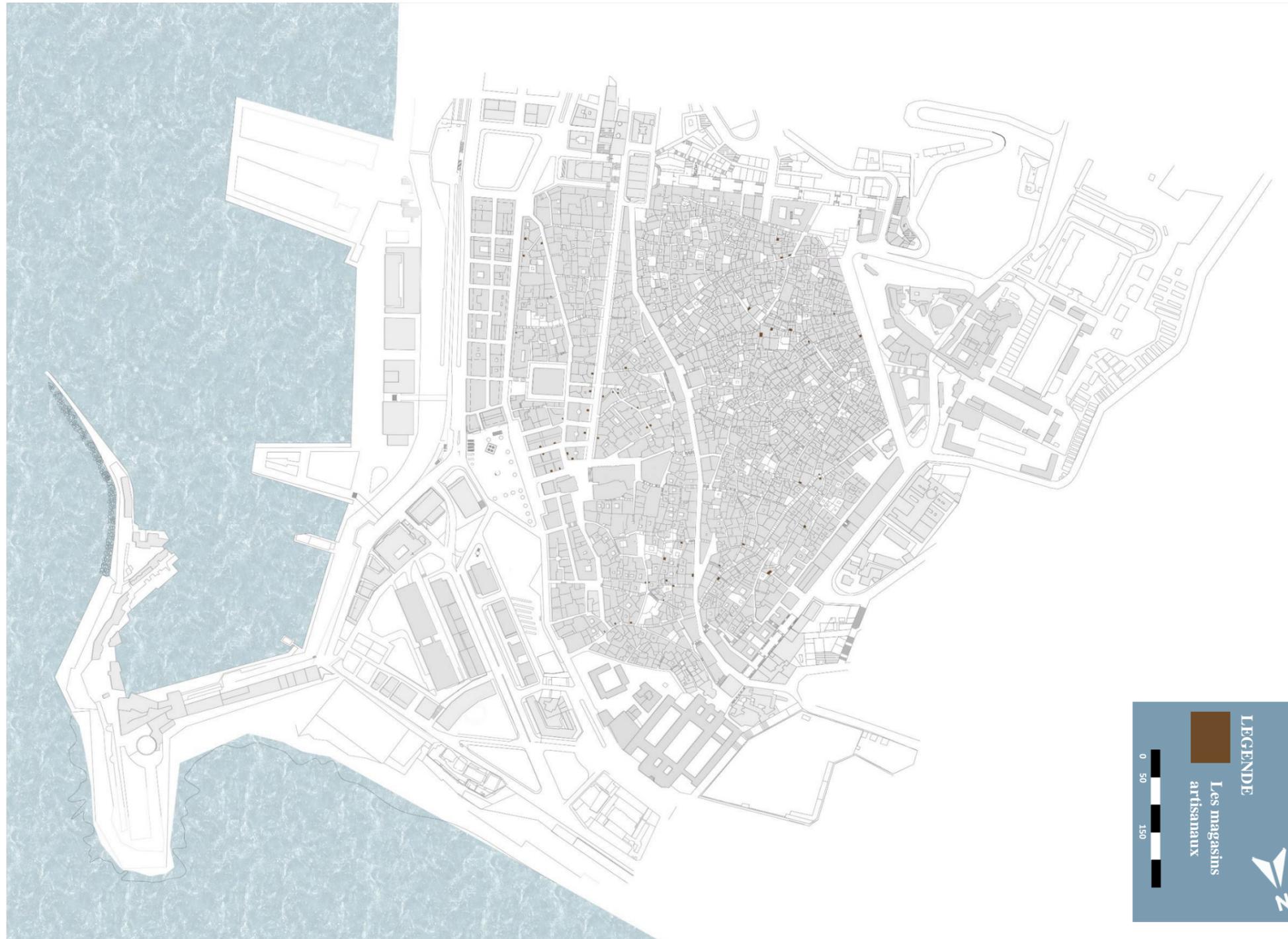


Figure 60. Carte représente les magasins d'artisanats. Source : [PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.](#)

5.3. Les Mosquées :

Les mosquées de la Casbah d'Alger, telles que Ketchaoua, Sidi Ramdane, Ali Bitchin, et Djamaa el Djedid, sont des repères historiques et architecturaux majeurs. Elles jouent un rôle central sur le plan spirituel et culturel, témoignant du riche patrimoine islamique de la Casbah. En tant que lieux de culte et de rassemblement, elles contribuent à l'animation sociale et à l'identité culturelle du quartier, attirant les visiteurs et chercheurs intéressés par l'architecture islamique et l'histoire d'Alger.

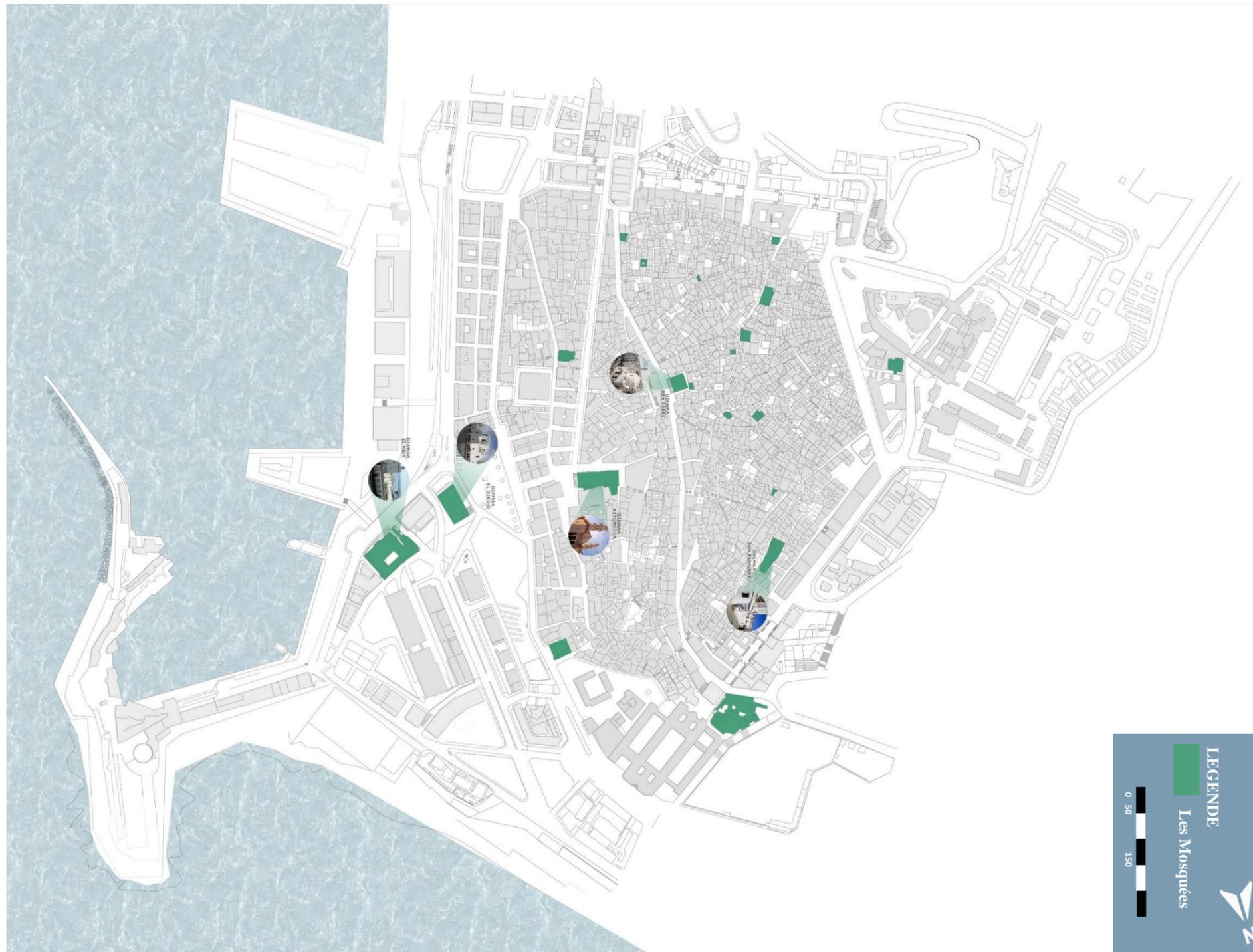


Figure 61. Carte représente les mosquées. Source : [PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.](#)

5.4. Les équipements culturels

Les équipements culturels de la Casbah d'Alger, tels que les musées, centres culturels, palais et galeries d'art, jouent un rôle essentiel en enrichissant son paysage historique et social. Ils préservent et célèbrent le patrimoine culturel et artistique, offrant aux visiteurs des opportunités d'apprentissage et d'engagement avec son histoire et ses traditions. Leur présence dynamise la ville, faisant de la Casbah un centre vivant de patrimoine et de culture.



Figure 62. Carte représente Les équipements culturels. Source : [PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs](#)

5.5. Les Ayouns

Les "ayouns" sont des sources d'eau historiques d'une grande importance dans la Casbah d'Alger, telles que l'Ayoun El Kebir, l'Ayoun Debbah Cherif et Ayoun Mzawga. Elles ont été essentielles pour la vie quotidienne, fournissant de l'eau potable et pour l'irrigation. Au fil du temps, ces points d'eau sont devenus des symboles emblématiques de la Casbah, témoignant de son histoire et de sa culture. Bien que certains ayouns aient disparu ou soient moins visibles aujourd'hui, ils continuent de marquer le paysage urbain et de rappeler le lien étroit entre la Casbah, l'eau et la vie.



Figure 63. Cartes représentes les Ayouns. Source : [PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs](#)

5.6. La collecte des déchets

La gestion des déchets est une gravité majeure dans la Casbah d'Alger, où la densité de population et l'activité commerciale génèrent une quantité importante de déchets. Des initiatives de collecte des déchets sont donc essentielles pour maintenir la propreté et l'hygiène du quartier. Malgré les défis liés à l'accès et à l'infrastructure, des efforts sont déployés pour organiser la collecte régulière des déchets et sensibiliser la population à l'importance du tri et du recyclage.



Figure 64. Carte représente les réseaux de la collecte des déchets. Source : [PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.](#)

6. Analyse climatique

Dans cette analyse on va vous présenter les données climatiques pour avoir une idée globale sur l'étage climatique de notre cas d'étude à travers deux logiciels **Meteonorm 08** et **Climate Consultant V6** développés par l'université de Californie.

- L'ensoleillement

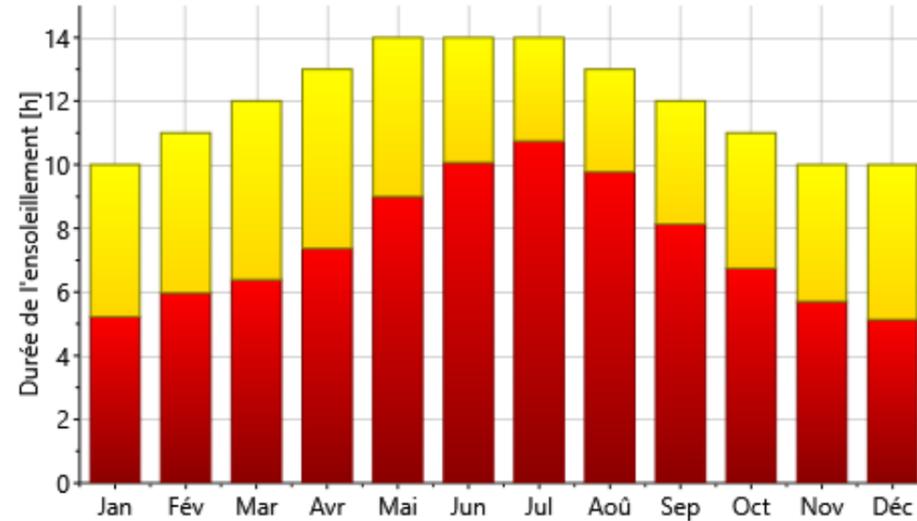


Figure 65. Diagramme qui représente l'insolation au Casbah d'Alger. Source : [meteonorm](#)

La Casbah bénéficie d'un bon ensoleillement. En été, la durée d'insolation atteint son maximum, s'élevant jusqu'à 11 heures par jour (juillet), tandis qu'en hiver, elle ne dépasse pas les 6 heures (décembre et janvier).

- Les précipitations

La pluviométrie est d'environ 9 mois par an. La quantité de précipitations atteint son maximum au mois de novembre avec 100mm, tandis que le minimum est enregistré au mois de juin, juillet et août avec 5mm seulement.

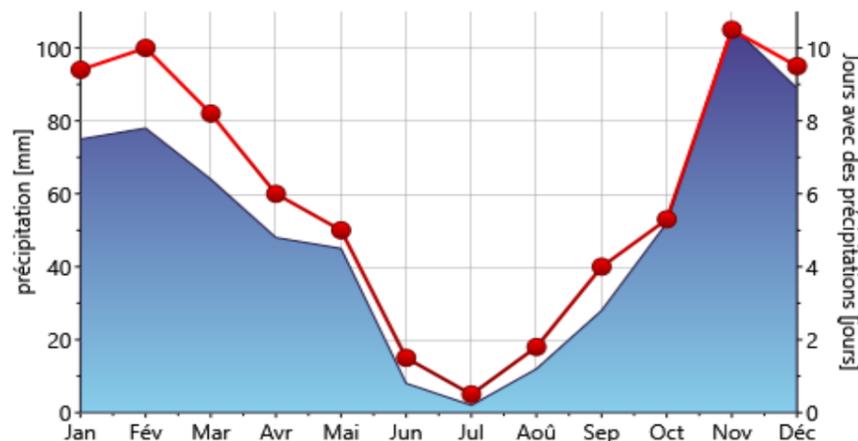


Figure 66. Diagramme qui représente la précipitation Casbah d'Alger. Source : [meteonorm](#)

- Température

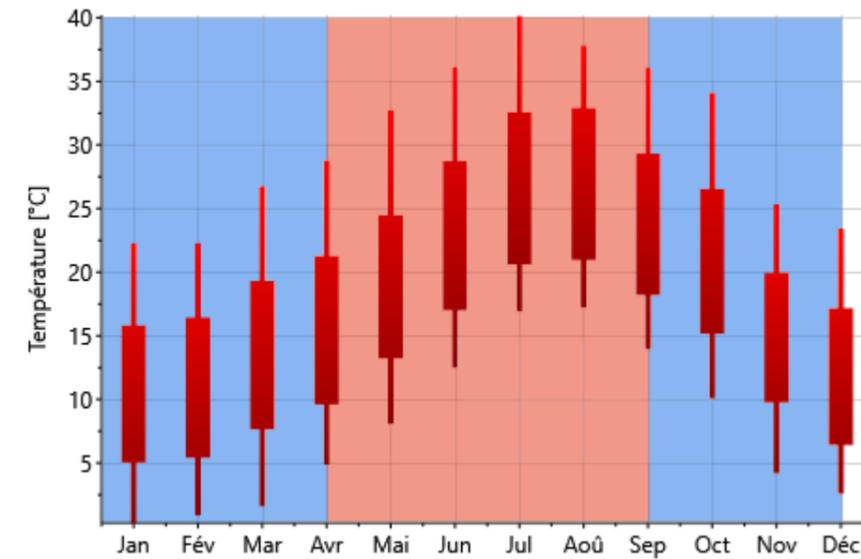


Figure 67. Diagramme qui représente la température au Casbah d'Alger. Source : [meteonorm](#)

La température varie entre un maximum de 34 °C au mois de juillet, et un minimum de 5°C au mois de janvier. Ce qui fait du site un site assez froid en hiver et assez chaud en été.

- La rose des vents :

Les vents sont dans deux directions Ouest et Est à l'été et l'hiver d'une vitesse de max=17m/s et min=8 m/s. La région se caractérise par une humidité élevée qui est supérieure à 70%.

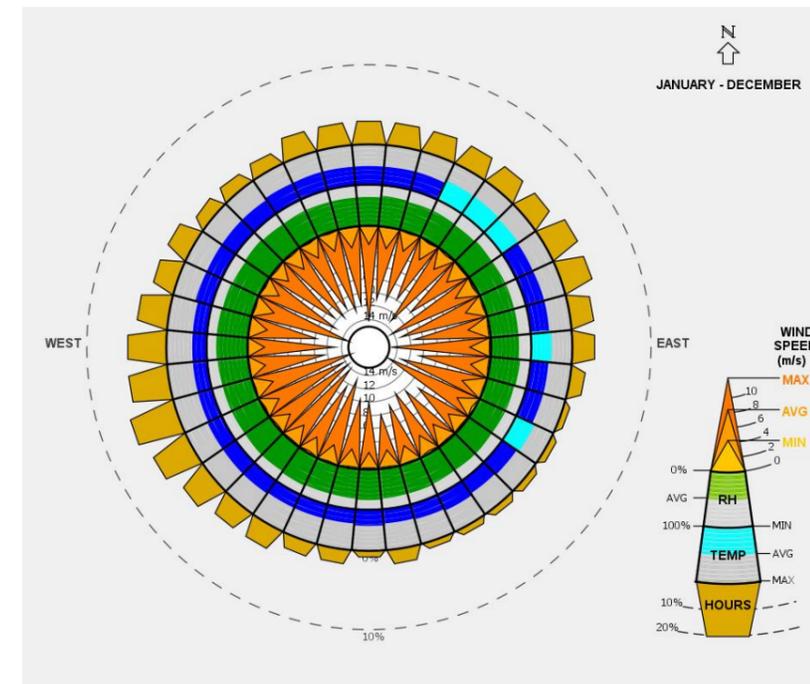


Figure 68. La rose des vents durant l'année. Source : [Meteonorm](#).

-Identification de la zone climatique

Sur l'année, la température moyenne à la Casbah est de 20 °C et les précipitations sont en moyenne de 590 mm. Et pour connaître la zone climatique de notre site, On a utilisé 2 méthodes :

1- Indice d'aridité de Martonne

L'indice d'aridité de de Martonne est un indicateur utile pour caractériser le phénomène d'aridité : $Ia = P / (T + 10)$, où P est la quantité annuelle de précipitations, T est la température moyenne annuelle de l'air.

$$P/T+10 = 590/20+10 = 40$$

Zone humide : $30 < IDM < 55$

2- Diagramme de RADAR qui représente la comparaison entre les données climatiques de la wilaya d'Alger (Zone humide) et la Casbah

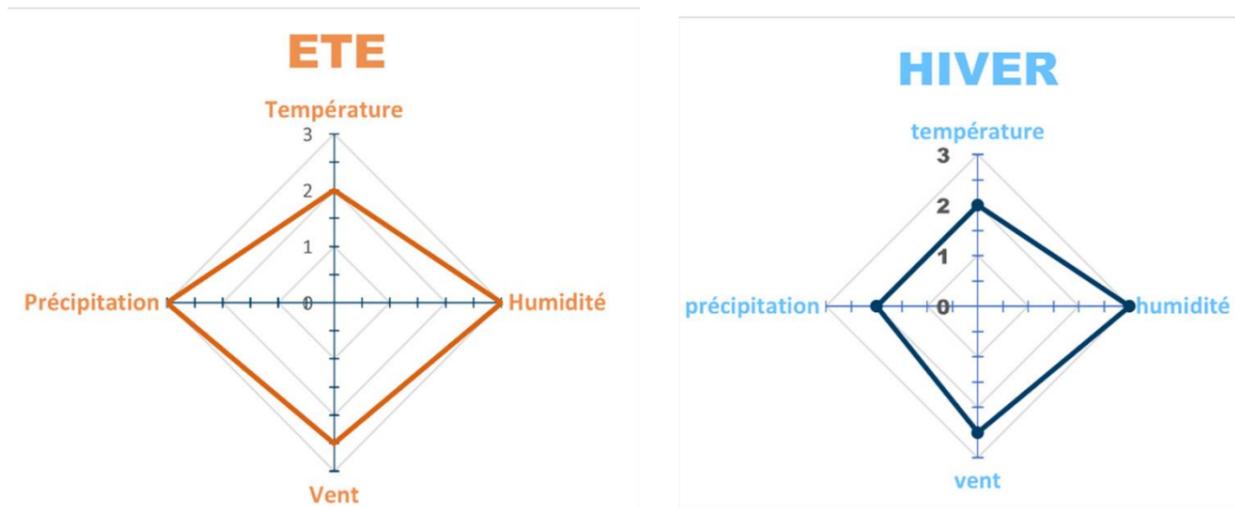


Figure 69. Diagramme de Radar qui représente la comparaison entre la ville et la wilaya. Source : Auteurs

Synthèse :

L'analyse climatique nous a permis de déduire que la ville se trouve dans l'étage bioclimatique humide avec un climat méditerranéen caractérisé par un climat chaud et humide en été, humide et froide en hiver.

7. Analyse énergétique

Pendant les 3 mois d'hiver, les techniques passives ne fournissent que 53,6% de confort. Pour atteindre un confort total de 100% (2904 h), il est nécessaire d'utiliser 46,4% de solutions actives, en particulier un système de chauffage qui fournit 1347 heures de chauffage. (Voir figure 32)

Durant les 3 mois d'été, les techniques passives offrent 68,5% de confort, tandis que les techniques actives offrent 31,5% de confort, grâce notamment à un système de climatisation qui fournit 921 heures. (Voir figure 33)

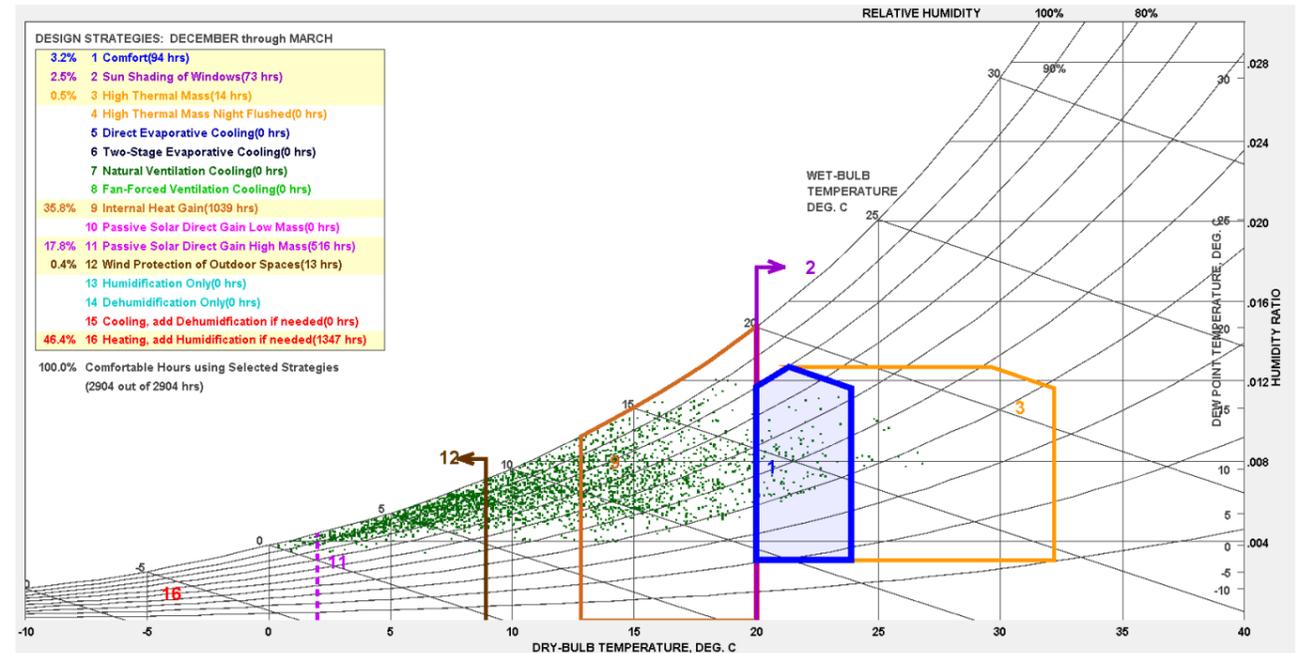


Figure 71. Diagramme GIVONI pour La Casbah durant l'hiver. Source : Climate consultant/meteororm.

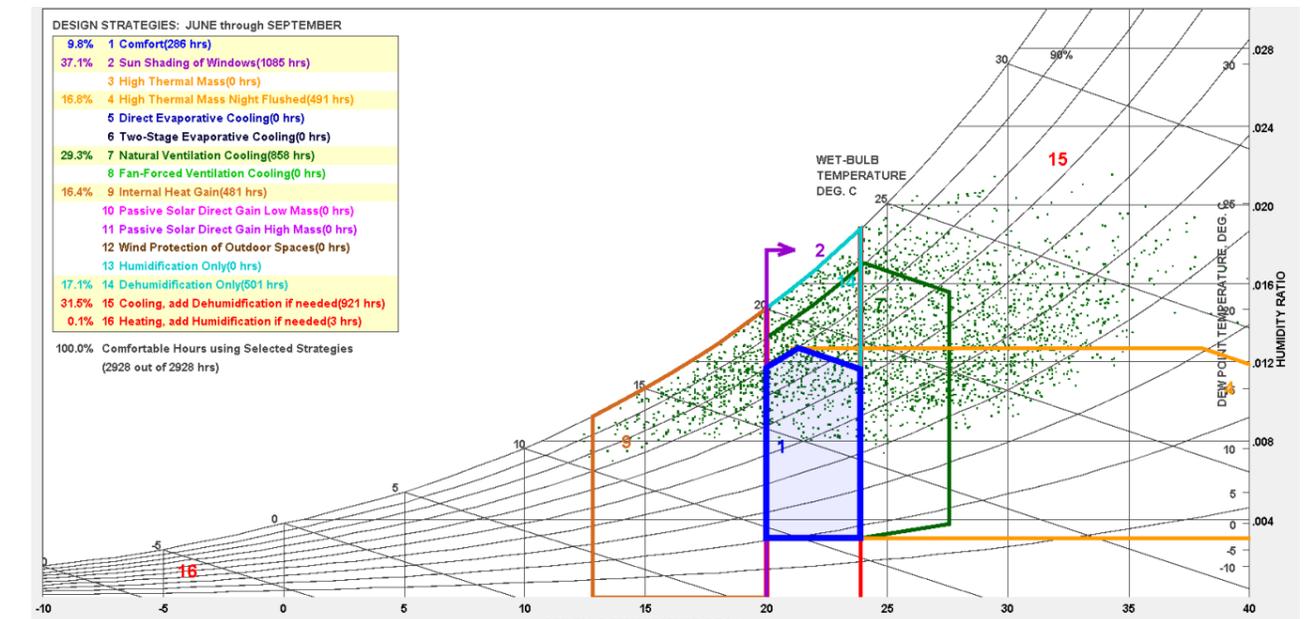


Figure 70. Diagramme GIVONI pour La Casbah durant l'été. Source : Climate consultant/meteororm.

Synthèse :

En général, le confort thermique peut être assuré grâce à des techniques passives tout au long de l'année, à l'exception des **mois plus chauds et plus froids**, ou il est nécessaire de recourir à des techniques actives. Les principales stratégies **passives** pour assurer le confort **en hiver** sont : Avec les gains de chaleur interne, le confort peut être amélioré de **35,9% (1039h)** et les gains solaires passifs pourraient encore améliorer le confort **jusqu'à 17,8% (516heures)**. Les stratégies **actives** qui représentent par **le chauffage (46,4%)**.

Les principales stratégies **passives** pour assurer le confort **en été** sont les suivantes : Avec protection solaire des fenêtres, le confort peut être amélioré de **37.1% (1085h)** et la gestion de la ventilation pourraient encore améliorer le confort jusqu'à **29,3% (858heures)**. Les stratégies **actives** représentent par **la climatisation (31,5%)**.

8.Approche AFOM

L'approche AFOM (Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces) est un outil d'analyse stratégique qui met en lumière les forces et les faiblesses internes (facteurs internes) d'un objet d'étude (territoire, ou secteur), ainsi que les opportunités et les menaces externes (facteur externes) sur l'environnement pour élaborer des stratégies de développement efficaces et cohérentes.

Cette analyse permet de développer des stratégies de développement efficaces et cohérentes. En maximisant les atouts et les opportunités tout en minimisant les faiblesses et les menaces, l'approche AFOM aide à orienter les décisions stratégiques et à assurer la pertinence et la durabilité des actions des entreprises, qu'elles soient. Voir figure ci-dessous.

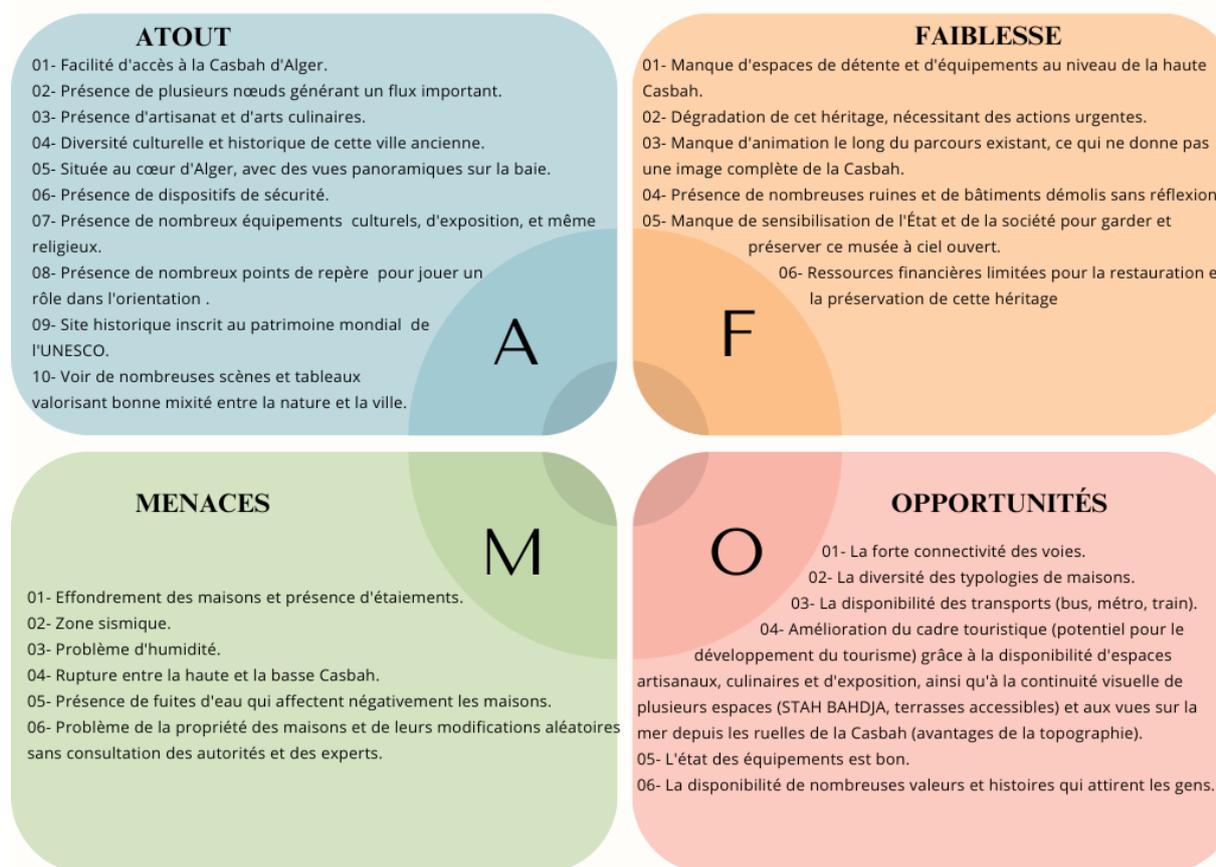


Figure 72. Les éléments ressortis selon l'approche AFOM. Source : [Auteurs](#)

9. Le schéma d'action

- **Action mobilité et accessibilité :** Intervenir pour faciliter la fluidité et la facilité de déplacement entre la haut et la bas Casbah.

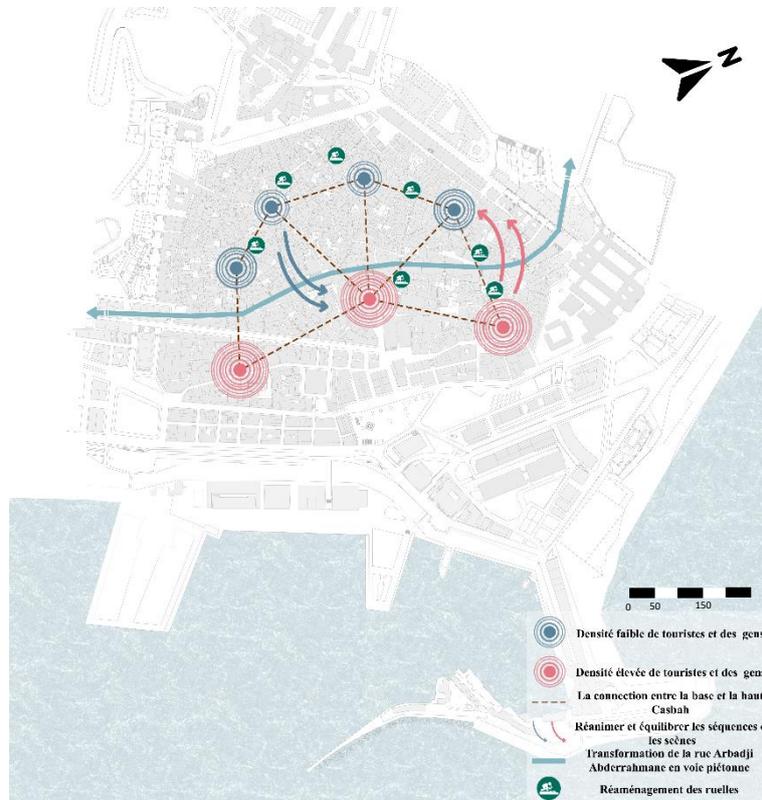


Figure 73. Action mobilité et accessibilité. *Source : Auteurs*

- **Action d'aménagement urbaine :** Intervenir au niveau du parcelles vides pour la création des points d'attraction comme les espaces d'expositions, verts et culinaires.

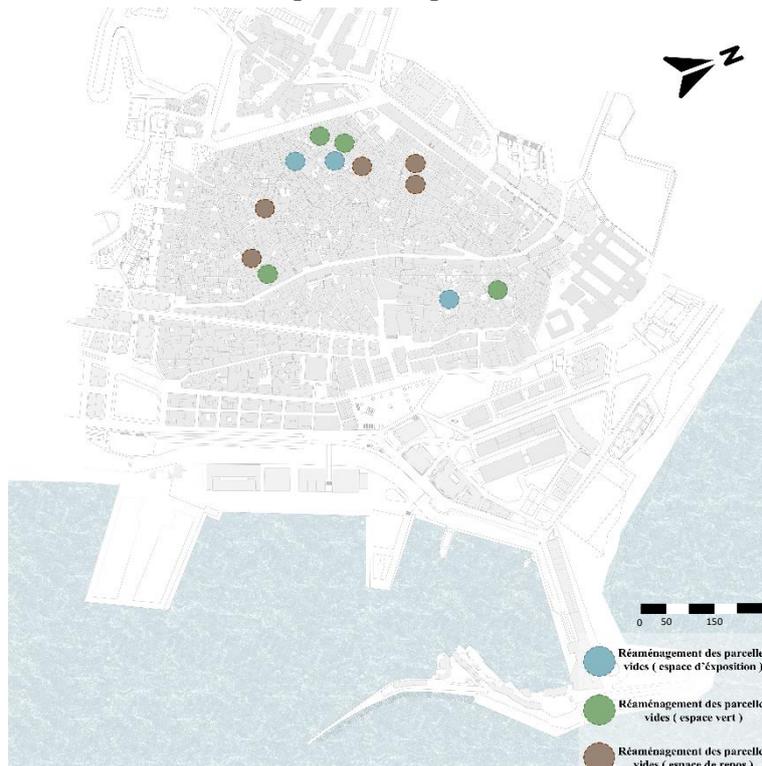


Figure 74. Action d'aménagement urbaine. *Source : Auteurs*

- Action de structure fonctionnelle** : Intervenir pour assurer une connexion entre les principaux points d'intérêt de la ville, dans le but de développer un parcours offrant une vision globale de la culture et du mode de vie dans la Casbah. Cette initiative inclut également la réanimation de certaines séquences grâce à la réhabilitation énergétique des maisons traditionnelles, les transformant en équipements de référence tels que des maisons d'hôtes et des musées.

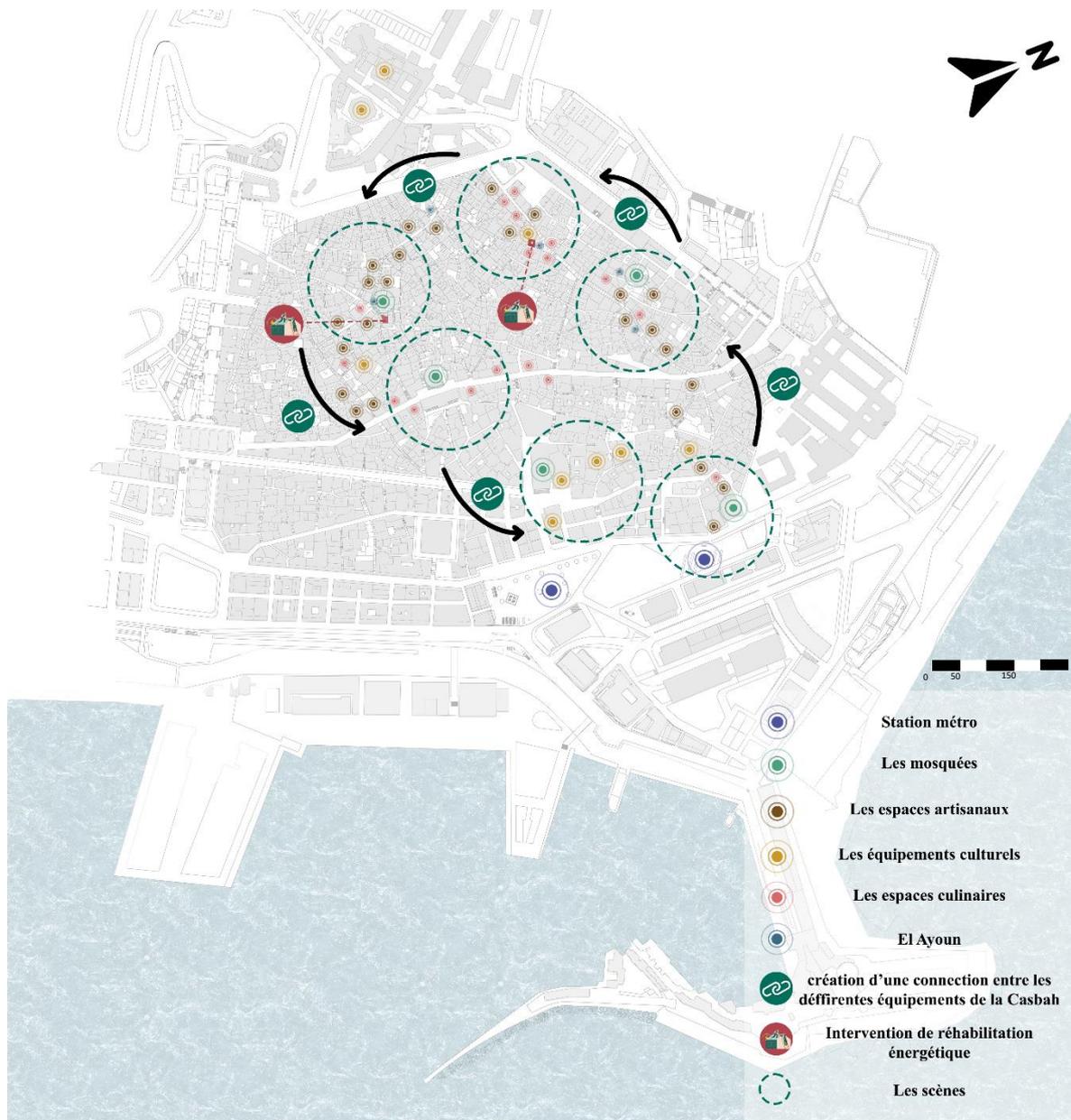


Figure 75. Action de structure fonctionnelle. [Source : Auteurs](#)

10. Intervention urbaine

Notre intervention urbaine, centrée sur la création d'un parcours touristique, vise à revitaliser la Casbah d'Alger en mettant en valeur son riche patrimoine historique et culturel tout en dynamisant l'économie locale. Pour concevoir ce parcours de manière efficace, nous avons utilisé diverses approches urbaines, incluant l'analyse historique, la typo-morphologie, les concepts de Kevin Lynch, le classement des équipements et l'approche AFOM. Ces méthodes nous ont fourni des perspectives variées, des scènes détaillées et des propositions concrètes pour atteindre notre objectif.

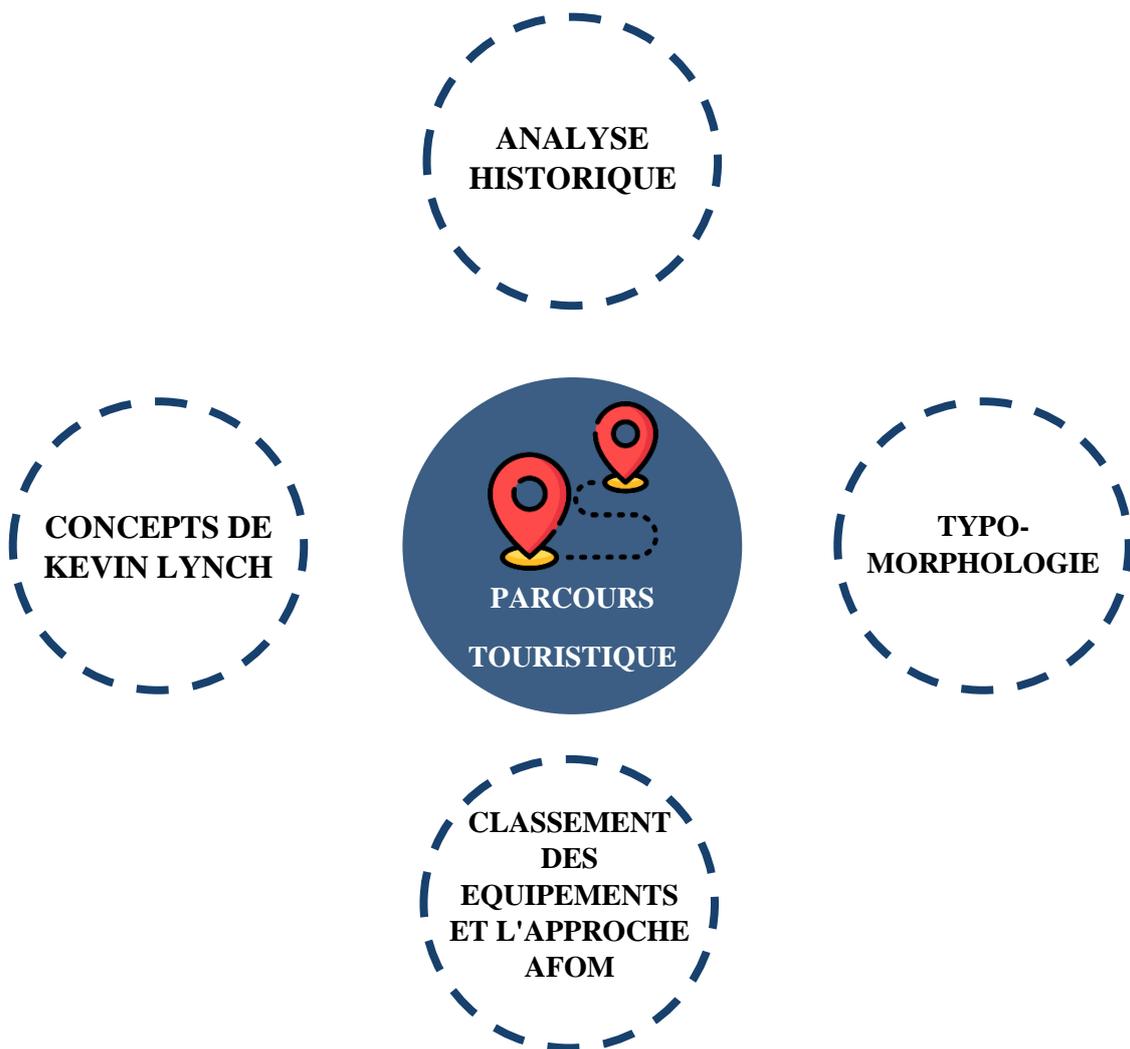


Figure 76. influence des approche urbaines à la création de parcours touristique. Source : [Auteurs](#)

Pour élaborer un parcours touristique au niveau de la Casbah d'Alger, il est essentiel de prendre en compte plusieurs critères afin de garantir une expérience enrichissante et cohérente pour les visiteurs. Voici les principaux critères à considérer :

- La présence du patrimoine historique et culturel à travers les monuments, mosquées, palais et autres sites historiques emblématiques
- Faciliter l'accessibilité des visiteurs par la création des points d'entrée, installation des panneaux d'information et même animation des points de repère.
- La diversité des expériences par la création des espaces artisans, culinaire et même pour exposition des plusieurs aspects.
- Assurer la sécurité de circuit par la présence des points de contrôle et entretien régulier des infrastructures.
- La disponibilité des équipements de services par aménagement des espaces de repos, des toilettes publiques et des points de restauration améliore le confort des visiteurs.
- Fournir des guides touristiques, des cartes et des applications mobiles enrichissant l'expérience, offrant des informations essentielles et facilitant la découverte du quartier.

La création d'un parcours touristique

Pour garantir les critères et obtenir une proposition optimale pour le parcours touristique, nous avons superposé plusieurs cartes des différentes approches urbaines (carte des mosquées, point de repère, voies, les restaurants, les artisans, el ayoun, collecte des déchets, la typologie des maisons, les nœuds... Cette méthode permet de maximiser les avantages de la ville et de minimiser les inconvénients, invisibles pour les visiteurs. Ainsi, nous offrons une nouvelle image attrayante de ce musée à ciel ouvert, considérée comme une ressource précieuse et attrayante pour les touristes en raison de son importance historique et de la diversité de ses civilisations.

Après plusieurs modifications et ajustements, nous avons défini les caractéristiques du parcours touristique qui commence à la station de métro "Casbah Sofla" et se termine à la gare de métro "Place des Martyrs". Ce parcours traverse plus de 30 espaces artisanaux, 10 points de repère, 5 sources d'eau (Ayoun), plus de 17 espaces culinaires, 5 grandes mosquées, ainsi que de nombreuses maisons de typologies variées (maisons à patio, Chbek et Aloui).



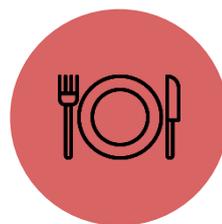
**30 espaces
artisanaux**



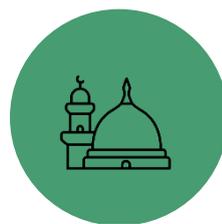
**10 points de
repère**



**5 sources
d'eau**



**17 espaces
culinaires**



**5 grandes
mosquées**

Le résultat du parcours (promenade de la Casbah d'Alger)

Ce résultat offre une image globale de la ville, avec diverses scènes et valeurs dans chaque séquence, reflétant la grande diversité de cet héritage culturel. Le parcours comprend de nombreux espaces à valeur historique, attirant les touristes désireux d'écouter les histoires des lieux et de participer aux activités des résidents.



Figure 77. Le résultat du parcours (promenade de la Casbah d'Alger). *Source : Auteurs*

- Le parcours se distingue par sa fluidité et sa facilité d'accès, grâce à la présence de deux stations de métro marquant le début et la fin de la visite.
- La promenade de la Casbah d'Alger est un parcours fascinant de 2,2 km, divisé en 11 séquences, chacune introduite par un équipement ou un site monumental d'importance. Chaque segment raconte une histoire unique et dévoile une culture spécifique, incitant les visiteurs à poursuivre leur exploration et à découvrir les séquences suivantes. Le parcours culmine à la Place des Martyrs, un grand point de rencontre imprégné d'histoire, où les visiteurs peuvent apprécier pleinement la richesse culturelle et historique de la Casbah. Cette promenade offre une image vivante et captivante de la Casbah, animée par ses divers points d'intérêt et lieux emblématiques.

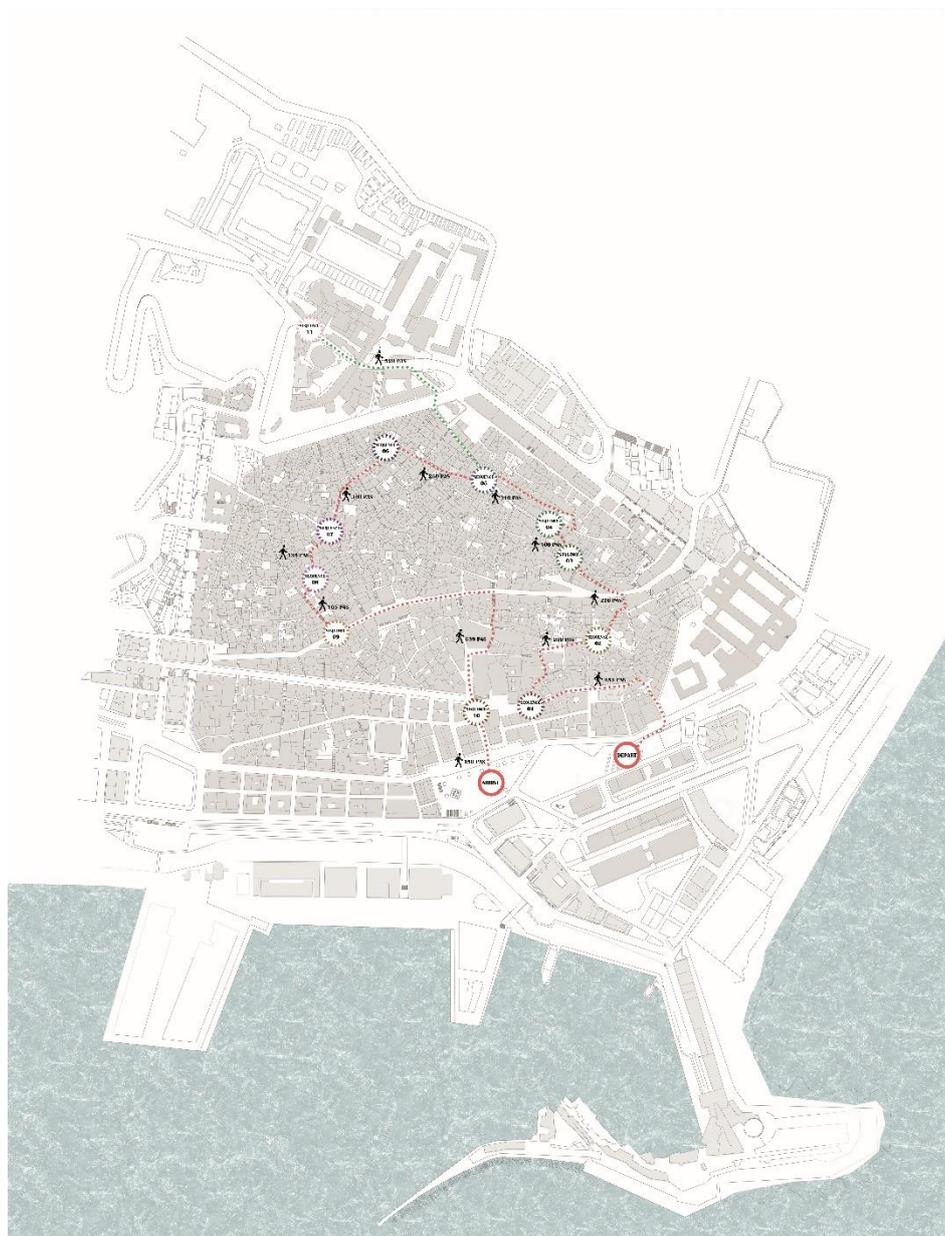


Figure 78. Les séquences de promenade de la Casbah d'Alger. [Source : Auteurs](#)

- La création d'espaces de détente et de repos pour animer le circuit ajoute également des valeurs locales, marquées par des ateliers d'artisanat, des expositions, des espaces libres animés par des mouvements culturels locaux (Qadaa) et même offre des vues panoramique au Golf d'Alger.
- Pour respecter les règlements de la marchabilité, nous avons divisé le parcours total de la promenade de la Casbah d'Alger en séquences de 200 à 500 mètres. Cette méthode assure un accès facile et confortable pour les visiteurs à chaque segment du circuit.

Présentation des séquences et revivification des espaces (placettes, espaces, rues...)

Séquence 01

Cette séquence comprend divers équipements qui créent une ambiance animée et dense, notamment un marché, des espaces artisanaux (poterie et couture), ainsi que la mosquée Ali Betchine, qui marque le début de notre parcours.

Séquence 02

Cette séquence comprend divers équipements à vocation d'exposition, tels que le Palais Mustapha Pacha, Dar Khedaoudj El Amia (musée), et Dar El Souf. Notre intervention dans cette séquence consiste à réaménager et réanimer l'espace en ajoutant un espace vert, créant ainsi un équilibre harmonieux entre les pleins et les vides, et offrant un poumon véritable à la ville.

Séquence 03

Cette séquence représente la transition entre la basse et la haute Casbah. Elle comprend plusieurs espaces artisanaux (magasins) et inclut même le passage de la voie mécanique Arbadji Abderrahmane.

Séquence 04

Cette scène regroupe divers magasins d'artisanat, mettant en valeur la créativité exceptionnelle des peuples de la Casbah. On y trouve des céramiques uniques, des tableaux inspirés par les rues pittoresques de la Casbah (Bahdja Art, Casbah Art, Elthayef...), ainsi qu'une multitude d'objets représentant la culture locale. La présence de la source d'eau Ayne Bir Chabana ajoute une dimension dynamique à cette partie de la ville, enrichissant l'expérience des visiteurs et soulignant la vitalité de la Casbah.

Séquence 05

Cette séquence représente la scène de la Casbah Qdimaa (îlot de Sidi Ramdan), qui comprend plusieurs équipements importants tels que l'ancienne mosquée (mosquée Sidi Ramdan), l'Ayne Sidi Ramdan, et des espaces culinaires renommés, avec de superbes vues panoramiques sur la mer. Ces éléments nous ont incités à créer des espaces de repos ainsi que des espaces culinaires qui valorisent le partage de notre culture locale (CHAABI, thé, plats traditionnels, expositions, etc.).

Séquence 06

C'est le point le plus fréquenté et le plus populaire de la Casbah d'Alger, grâce à la disponibilité de nombreux équipements et activités tels que STAH BAHDJA, la maison classée (DAR EL ZEMMAN), AIN EL-MEZAWGA, ainsi que trois espaces culinaires célèbres. Ces lieux offrent une ambiance et un dynamisme incomparables, racontant la vie au cœur de la Casbah. Nous avons amélioré les espaces libres de cette partie en créant un espace d'exposition extérieur pour partager notre créativité locale, sensibiliser les touristes, et encourager un mouvement de partage.

Séquence 07

Cette séquence commence par AIN BIR DJABAH, un lieu chargé d'histoires, notamment de la période coloniale, jusqu'à la mosquée et AIN DABAH CHERIF. Elle traverse de nombreux espaces artisanaux (cuivre, poterie, couture) et des zones de sport, reflet de la culture populaire et de la renommée de l'équipe MCA. Considérée comme le berceau de la Casbah sportive, cette zone nous a inspirés à aménager un stade avec une touche architecturale unique, marquant la présence de cette équipe. Nous avons également créé un musée qui raconte l'histoire de l'équipe, réunissant tous les fans du club et ajoutant une nouvelle dimension de partage avec les touristes.

Séquence 08

Cette séquence se distingue par une dynamique unique, marquée par la présence de la maison d'exposition "ALI LA POINTE" et par un espace familial exceptionnel, "Mazgha", offrant des services culinaires reflétant notre riche culture. Notre intervention dans cette partie a consisté en la réhabilitation énergétique de la maison "DAR FERCHOKH", transformée en maison d'hôtes, devenant ainsi un point fort du circuit touristique. Cette maison, réinventée avec soin, ajoute une valeur fonctionnelle et esthétique essentielle à l'ensemble du parcours.

Séquence 09

Cette séquence regorge de multiples espaces artisanaux et de boutiques de souvenirs, apportant à notre parcours une saveur unique et une valeur mémorable qui laisseront une empreinte durable dans l'esprit de chaque touriste. En chemin, on atteint la rue Amar Ali, marquant la transition de la partie privée (en haut) à la partie publique (en bas), où l'atmosphère change, offrant un nouvel environnement et un sentiment renouvelé.

Séquence 10

Cette séquence offre une ambiance unique, une vision renouvelée et une expérience inédite. Elle comprend la célèbre rue Djamaa El Yhoud, caractérisée par la présence du marché central et principal de la ville, ainsi que de nombreux magasins, cafés et restaurants qui reflètent la vie commerciale animée de la Casbah. Ce point névralgique regorge de mouvement et de vitalité, menant à une vue spectaculaire de la célèbre mosquée et de la placette de Ketchaoua, qui couronne notre visite avec une touche esthétique finale. La séquence se termine à la place des Martyrs, où les visiteurs peuvent résumer leur expérience, échanger leurs impressions, et profiter d'un moment de repos en admirant les bâtiments de style néo-classique, Djamaa El Djedid et El Kebir. Pour assurer une arrivée fluide, la place est équipée d'une gare de métro et de stations de bus, facilitant ainsi l'accès et le départ des visiteurs après ce voyage riche et captivant.

Séquence 11

Cette séquence incarne le chemin vers la citadelle et le palais du Dey, symboles majeurs de la période ottomane de la Casbah. Elle inclut également Djamaa El Barani et des espaces commerciaux dédiés aux vêtements et aux arts, caractéristiques de l'âme de la Casbah. Enrichie par divers espaces culinaires, cette séquence offre une touche magnifique, avec des vues panoramiques du haut de la Casbah sur le golfe d'Alger, ajoutant à l'animation et à l'attrait de ce quartier historique.

Plan d'aménagement : (plan de circuit touristique avec les interventions urbaine)



Figure 79. Plan d'aménagement : (plan de circuit touristique avec les interventions urbaine). [Source : Auteurs](#)

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appliqué diverses approches de l'analyse urbaine pour notre site d'intervention, en intégrant des données historiques, typo-morphologiques, sensorielles, climatiques, énergétiques et relatives au classement des équipements. Cette méthodologie nous a permis de dégager les points clés nécessaires à la conception d'un parcours touristique équilibré et bien étudié.

Le résultat est une promenade urbaine captivante de 2,2 km, divisée en 11 séquences distinctes, chacune marquée par la présence d'un équipement ou d'un site monumental significatif. Cette structuration met en valeur les éléments patrimoniaux de la Casbah, tout en facilitant une exploration immersive et enrichissante pour les visiteurs.

Notre intervention urbaine, fondée sur une analyse rigoureuse, a pour objectif de renforcer l'attractivité touristique de la Casbah, de préserver son caractère authentique et de contribuer au développement durable de ce site historique. En promouvant le tourisme culturel, nous espérons stimuler l'économie locale tout en assurant la conservation de ce précieux patrimoine pour les générations futures.

CHAPITRE 04 : DIAGNOSTIQUE / SIMULATION ET RESULTATS

1. Le choix du cas d'étude

1.1. Le choix de la zone d'étude :

La zone d'exploration de cette étude se concentre sur la Haute Casbah, une région caractérisée par des îlots témoins situés au sein de la sous-zone 2, délimitée par le PPSMVSS. Ces îlots illustrent la partie la mieux préservée de la médina, abritant une densité résidentielle significative. Elle abrite le plus grand nombre de maisons encore fonctionnels, pouvant être occupés par les propriétaires d'origine ou les locataires. La précieuse coopération des propriétaires de ces maisons traditionnelles nous a permis d'effectuer des relevés et des mesures afin d'établir les plans et de modéliser ces habitations. De même, nous avons pu calculer les consommations énergétiques en utilisant les factures, C'est ce qui nous a permis de trouver une solution pour une contrainte initiale majeure de notre recherche.



Figure 80. La zone homogène N°2 « Tissu Traditionnel »

1.2. La méthodologie adoptée :

Pour sélectionner le corpus d'étude, une méthodologie a été mise en place impliquant l'utilisation de diverses méthodes et d'une gamme d'outils :

1.2.1. Les documents de PPSMVSS

Pour entreprendre les travaux de réhabilitation et garantir le confort des cas d'étude, une étude complète de l'état actuel des maisons est nécessaire, ainsi que la connaissance de toutes les modifications et des détails ajoutés. Pour ce faire, nous avons utilisé comme source principale les documents du PPSMVSS. Ces documents comprennent des règlements qui détaillent l'état de chaque maison et les zones d'intervention, ainsi que des cartes graphiques montrant les spécificités des gabarits, de la topographie, de la situation géographique, et d'autres aspects. Ces éléments nous ont permis d'identifier l'état d'origine des bâtiments. (PPSMVSS, 2017)

1.2.2. Investigation In-Situ

Enquête et étude de cas : Une enquête préliminaire sur site a été menée pour évaluer l'état actuel du bâti et identifier les changements survenus au fil de différentes périodes. Pour cela, plusieurs visites ont été effectuées afin de poser des questions aux habitants. De plus, des relevés planimétriques ont été réalisés à l'aide d'un mètre ruban et d'un télémètre laser pour modéliser les maisons et garantir la précision du dossier graphique. Cette approche a permis une lecture architecturale et énergétique approfondie.

Les factures d'électricité et de gaz : ont été recueillies afin d'obtenir le montant maximal des factures annuelles dans le but de calculer la consommation énergétique annuelle et de déterminer l'indice de consommation énergétique. Cette étude valorise le diagnostic énergétique de ces maisons et nous offre l'opportunité de créer des scénarios précis et bien étudiés.

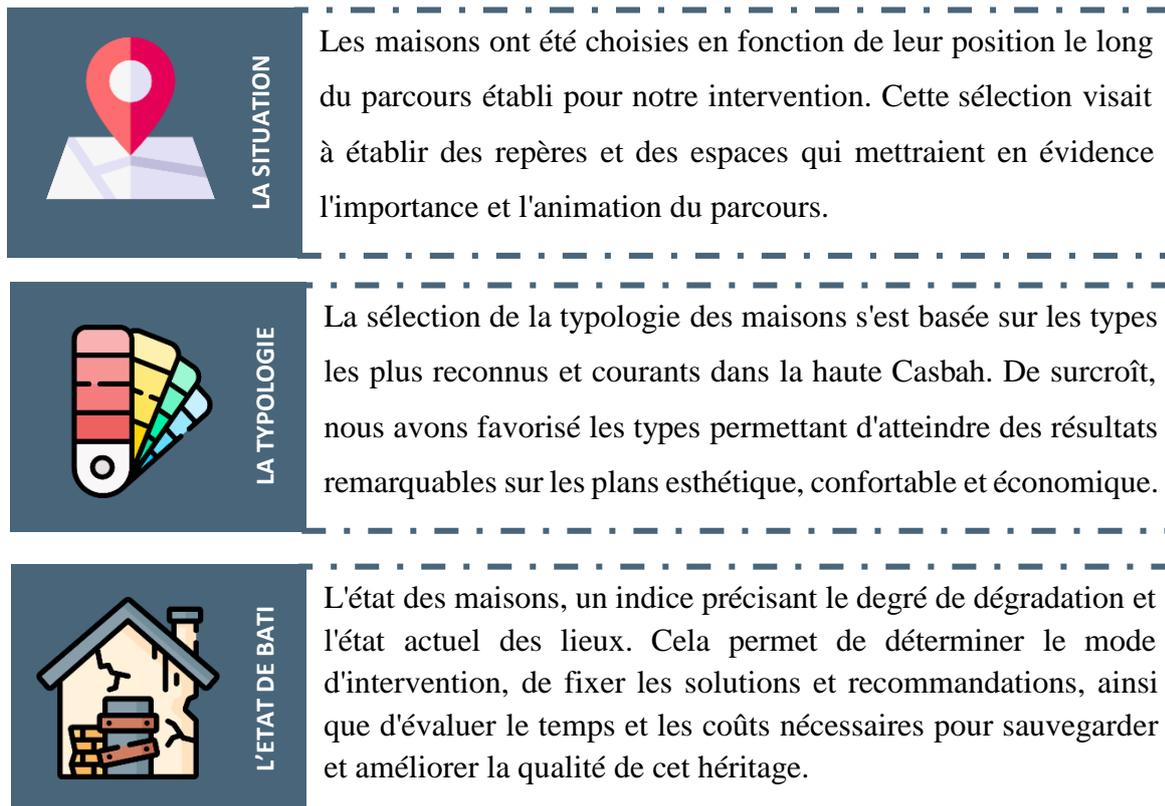
Le livre « Alger à l'époque ottomane » de S. MISSOUM : Nous avons également consulté l'étude de S. Missoum, qui repose sur des documents d'archives écrits et graphiques. Cette référence nous a permis d'identifier l'état antérieur des maisons étudiées et d'utiliser les relevés de ces maisons. Dans notre cas, ce livre nous a fourni des informations pertinentes sur la Casbah et des relevés détaillés d'une maison située dans l'îlot de Sidi Ramadan.

1.2.3. Fiches descriptives pour l'identification des cas d'étude

La méthode implique la collecte de données sur le terrain, leur analyse, et la rédaction d'un texte synthétique. (CORPUS EUROMED, Xavier Casanova et méthode RehabiMed, 2017). Des textes descriptifs et analytiques ont été élaborés pour identifier plusieurs aspects, tels que l'implantation, la position et la forme de la parcelle, la proportion et l'organisation générale de la maison, l'accessibilité, le nombre et le statut des familles occupant la maison, ainsi que l'état du bâti. De plus, ces fiches précisent le degré, la nature et la cause des transformations historiques subies par la maison.

1.3. Les critères du choix des cas d'études

Les maisons de la Casbah d'Alger, emblèmes d'un riche patrimoine culturel et architectural, sont souvent confrontées à des défis de préservation. Elles témoignent d'un état varié, nécessitant une intervention rapide pour améliorer leur état. Parmi ces interventions, la réhabilitation. Notre choix des aires d'études est basé sur plusieurs critères :



1.4. Présentation du corpus d'étude

Tous les cas d'étude sont localisés dans le même secteur du district, partageant une topographie et des conditions climatiques identiques. Dans cette section, nous présentons de manière générale des informations, des caractéristiques et des évolutions pour chaque cas d'étude. Afin de nous concentrer davantage sur consommation d'énergie, nous sélectionnerons une ou deux maisons à examiner en détail à la fin.

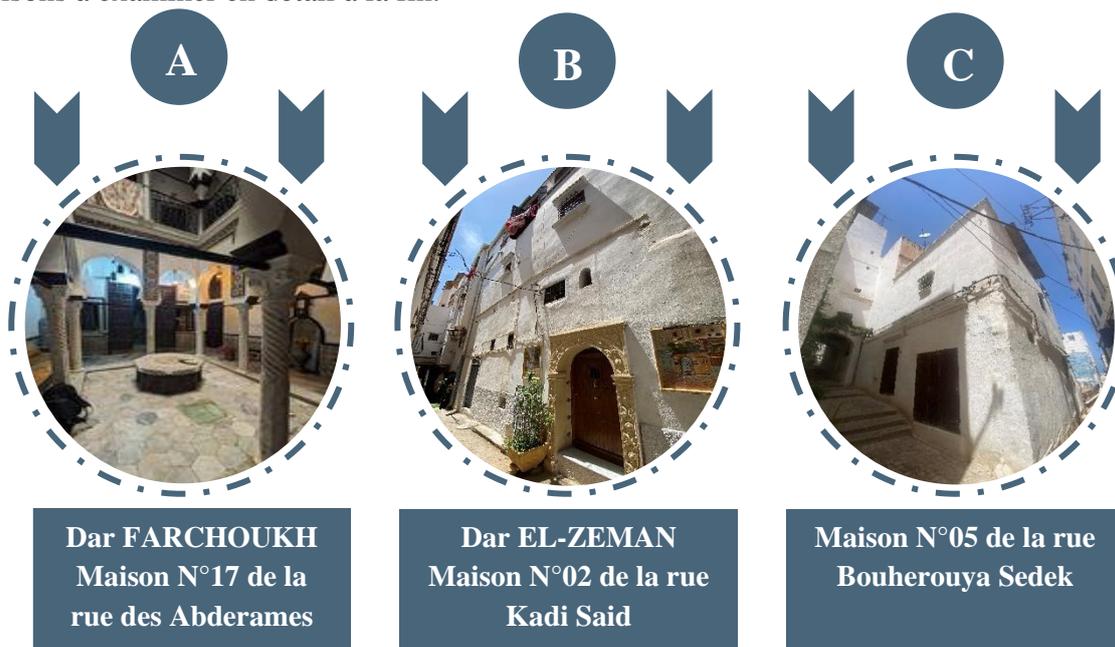


Figure 81. Les trois types de maisons. *Source : Auteurs*

A : Dar FARCHOUKH, La maison N°17 de la rue des Abderames

Cette résidence traditionnelle, nichée au cœur de la Haute Casbah, à proximité de la maison célèbre de Ali la Pointe présente une unique façade donnant sur la rue des Abderames, avec une topographie inclinée de 17 à 20 %. De typologie wast al-dar, elle s'étend sur une superficie de 120 m² et s'élève à une hauteur de 14,98 mètres. Édifiée entre 1850 et 1870, elle a été construite avec des matériaux traditionnels locaux tels que la terre cuite, rondins de bois, le mortier, l'enduit à la chaux et les céramiques en terre cuites. L'intérieur de la maison est agencé de manière harmonieuse sur quatre niveaux : un rez-de-chaussée, un étage agrémenté de galeries et d'arcades où sont aménagées de vastes chambres ouvertes, appelées BYOUT, ainsi qu'un autres 2 étages comprenant également de grandes chambres ouvertes, nommées GHROUF (1^{ère} étage) et MANZAH (2^{ème} étage), avec en plus une terrasse accessible. Il existe un patio central régule la température pendant les étés chauds. Cette maison est habitée par 3 à 4 personnes de la même famille et 3 travailleurs au niveau des boutiques de cette maison.

B : Dar EL-ZEMAN, la maison N°02 de la rue Kadi Said

Cette maison traditionnelle, située dans la Haute Casbah, à proximité de Ain Mzawga, et animée par plusieurs espaces culinaires et artisanaux, présente une unique façade donnant sur la rue Kadi Said, avec une topographie inclinée de 11 %. De type wast al-dar, elle s'étend sur une superficie de 110 m² et s'élève à une hauteur de 10,38 mètres. Érigée entre 1800 et 1850, elle a été construite en utilisant des matériaux traditionnels locaux et authentiques, tels que la terre cuite, les rondins de bois, le mortier, l'enduit à la chaux et les céramiques en terre cuite. À l'intérieur, la maison est agencée de manière harmonieuse sur trois niveaux : un rez-de-chaussée, un étage aménagé avec deux vastes chambres ouvertes, une cuisine, une salle d'eau et 2 boutiques, ainsi qu'un autre étage comprenant également de grandes chambres ouvertes, appelées GHROUF, avec en plus une terrasse accessible divisée en deux parties : une couverte, représentant l'espace de MANZAH, et une autre ouverte, représentant le STAH, offrant une vue panoramique sur la mer. Un patio central, de forme irrégulière, est agrémenté d'une fontaine qui confère une esthétique agréable à la maison tout en régulant la température pendant les étés chauds. Cette maison est habitée par 6 personnes de la même famille.

C : La maison N°05 de la rue Bouherouya Sedek

Cette maison traditionnelle, située au niveau d'îlot de Sidi Ramdane, occupe une parcelle d'angle en offrant deux façades, : l'une donnant sur la rue Bouherouya Sedek et l'autre aveugle donnant sur la rue de Sidi Ramdane, avec une topographie inclinée de 20 %. De type à patio, elle couvre une superficie de 135 m² et s'élève à une hauteur de 9,7 mètres. Construite avec des

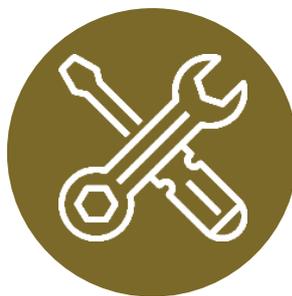
matériaux traditionnels locaux tels que la terre cuite, des rondins de bois, du mortier, de l'enduit à la chaux et des céramiques en terre cuite, cette maison comporte trois niveaux organisés autour d'un patio découvert. Au rez-de-chaussée, on trouve cinq grandes chambres, une cuisine et une salle d'eau et même Sqifa. Au premier niveau (foukani), la disposition est similaire avec cinq GHROUF. Enfin, au niveau de la terrasse, se trouve le Menzah, un grand espace où les femmes se réunissaient pour discuter. Nous avons entrepris plusieurs visites sur le terrain afin d'approfondir notre compréhension de l'histoire du bâtiment et des modifications qu'il a subies. Cependant, nous n'avons pas pu recueillir ces informations en raison de l'indisponibilité des résidents sur place et des difficultés à les contacter, ce qui a eu un impact négatif sur la progression de nos recherches.

2. Diagnostique de l'état de cas d'étude

Pour trouver des solutions efficaces, il est essentiel de procéder à un diagnostic complet du bâtiment existant. Cela permettra de prendre des décisions éclairées concernant les aspects qui contribuent à l'amélioration du confort. Ce diagnostic de l'état existant repose sur trois évaluations : un diagnostic patrimonial, un diagnostic de l'état technique du bâtiment, et enfin un diagnostic énergétique et environnemental.



Diagnostic patrimonial



Diagnostic de l'état technique



Diagnostic énergétique et environnemental

Ce diagnostic requiert une collecte complète de données provenant de diverses sources, comprenant des informations détaillées sur les transformations affectant la maison ainsi que des descriptions générales définissant l'immeuble. De plus, il inclut l'analyse des chiffres et des calculs de la consommation énergétique nécessaire pour chaque maison, ainsi que d'autres données influençant l'état actuel du bâtiment. Pour ces raisons, nous avons sélectionné deux cas de maisons : **la maison A, Dar Farchoukh**, située au N 17 de la rue des Abderames, et **la maison B, Dar El-Zeman**, située au N 02 de la rue Kadi Said. Ces choix ont été faits en raison de la disponibilité de toutes les informations et des critères nécessaires à l'établissement d'un diagnostic complet, efficace et global. L'amélioration de la qualité du diagnostic du bâtiment existant accroît la probabilité d'obtenir des solutions efficaces, réalistes et applicables.

Dar Farchoukh, située au numéro 17 de la rue des Abderames

FICHE TECHNIQUE

Nom : Dar FARCHOUKH

Année de la construction: 1850-1870

Situation: la maison N°17 de la rue des Abderames

Surface: 120 m²

Forme: irrégulière trapézoïdale avec une patio de forme presque régulière (carré)

Typologie: maison à patio « *wast al dar* »

Nombre des étages: 3 niveaux avec une terrasse

Etat de bâti: un bon état à une altération superficielle due à la dégradation

Les matériaux de construction: mortier de chaux, pierre, brique, rondins de bois, terre cuite, bois massif, fer forgé, Les céramiques en terre cuites

Nombre des habitants : 06 (03 habitants et 03 travailleurs)

La topographie: 17 à 20 %

La vitesse du vent: Les vents sont dans deux directions Ouest et Est d'une vitesse de max=17m/s et min=8 m/s

Type de climat: Zone humide

Usage actuel: habitation



DIAGNOSTIC PATRIMONIAL

Les maisons de la Casbah représentent des éléments essentiels dans la préservation du patrimoine culturel, historique et architectural de la région. Pour garantir cette préservation, plusieurs réglementations et actions sont mises en place, telles que le Plan Permanent de Sauvegarde et de Mise en Valeur du Secteur Sauvegardé (PPSMVSS) ainsi que des mesures d'urgence. Ces initiatives soulignent l'importance de sauvegarder ce patrimoine classé au niveau mondial.

Prenons l'exemple de l'immeuble N°17, elle est classée dans la zone homogène N°2 « Tissu Traditionnel » selon la réglementation du PPSMVSS. Ce plan contient plusieurs recommandations pour les opérations de préservation relatives à l'état de ce bâtiment, y compris la consolidation, la restauration, la réhabilitation ou autre. Il précise également l'état de ce bâtiment selon les critères cités dans la réglementation et pour cette maison en allant d'un bon état à une altération superficielle due à la dégradation.

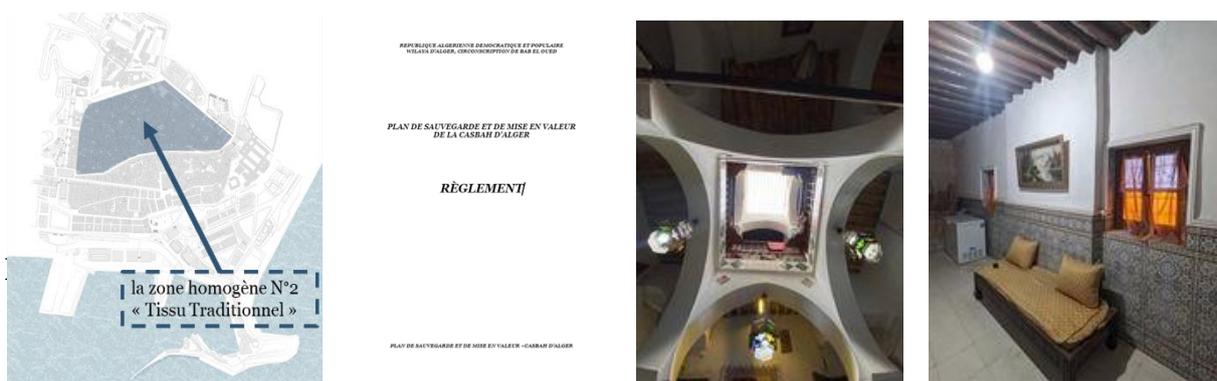


Figure 83. La zone homogène N 02 et L'intérieur de la maison

Au cœur de la Casbah d'Alger se dresse une maison chargée d'histoire, érigée en 1850/1870. Ce bâtiment emblématique comprend trois niveaux principaux : un niveau destiné au commerce, ouvert au public, et les autres réservés à l'habitation, plus privé. Le niveau commercial abritait une boulangerie, des boutiques d'artisanat et des espaces de stockage, témoignant de l'effervescence économique de l'époque. Quant au premier niveau résidentiel, il contient plusieurs espaces sous le nom « GHORAF ». Et deuxième niveau résidentiel, il contient plusieurs espaces sous le nom « MANZAH ». Pour le dernier niveau, il offre une terrasse offrant une vue imprenable sur la mer. Cette maison a connu de nombreux changements et modifications (de grande modification au petite)

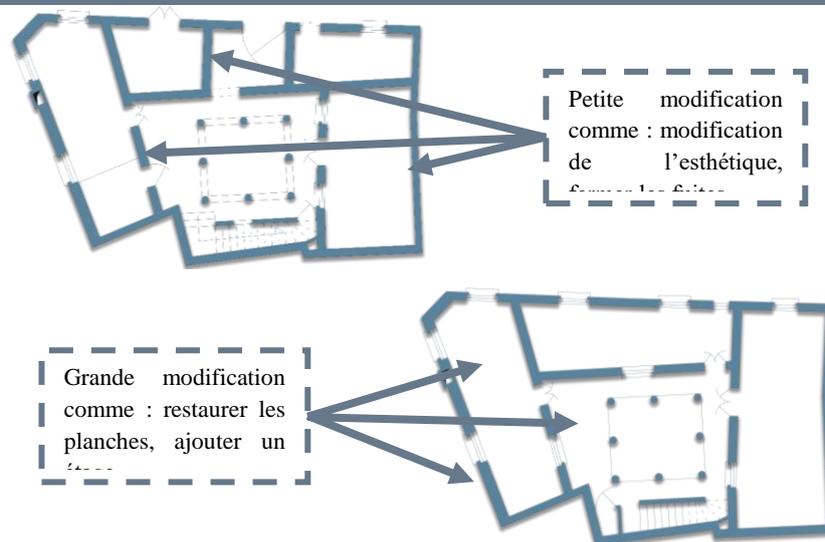
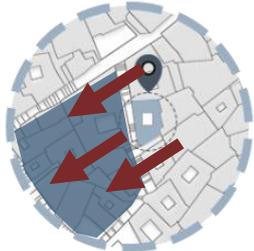
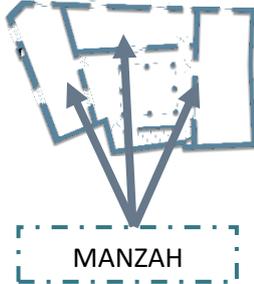
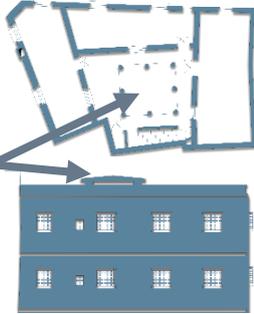


Figure 82. Les types des modifications

Histoire et l'évolution du bâtiment et de ses éléments

<p>1850 - 1870</p>	<p>La maison, construite avec deux niveaux (commercial et résidentiel) et une terrasse offrant une vue sur la mer, a été érigée à la période de construction. À cette époque, elle était en cours de construction à la limite de l'îlot.</p>	
<p>En 1937</p>	<p>Le propriétaire a ajouté un nouvel étage à la maison, la portant ainsi à 3 niveaux, composés de : BYOUT, GHORAF, et MANZAH. De plus, une grande terrasse a été ajoutée (à l'emplacement de l'ancienne petite terrasse avec MANZAH), où les mêmes éléments architecturaux ont été utilisés pour assurer la continuité esthétique et structurelle de la maison.</p>	
<p>En 1965</p>	<p>Le patio a été couvert de verre isolant, tout en préservant la possibilité d'ouvrir certaines parties pour garantir une ventilation naturelle à travers les petites ouvertures de la maison. En 2001, il a été modifié avec une nouvelle couverture (autre matériau) en raison de la détérioration totale de l'ancienne.</p>	
<p>En 2005</p>	<p>Les grands travaux dans cette maison ont été entrepris pendant une période de 18 mois en raison de la détérioration de l'état du bâtiment après le tremblement de terre de Boumerdes en 2003. La maison a été classée dans la zone orange en raison de l'état catastrophique des planchers, ce qui a conduit les propriétaires, en collaboration avec l'État, à restaurer tous les planchers de la maison en utilisant des matériaux d'origine et locaux.</p>	
<p>En 2014</p>	<p>La maison a remporté le titre de meilleure maison de la Casbah pour sa préservation des éléments d'origine de la maison de la Casbah (DWIRA), attribué par l'Association Sauvons la Casbah et remis par Mme Houria Bouhired (présidente de cette association). Ce qui leur a donné une somme d'argent qui les a aidés plus tard à terminer les travaux de l'aspect esthétique.</p>	
<p>2015 - 2016</p>	<p>Durant cette période, l'aspect esthétique et culturel de la maison a été soigné en restaurant certaines peintures à des endroits spécifiques, ainsi qu'en remplaçant plusieurs types de faïences et en redécorant les arcs. De plus, les portes, les fenêtres et le seuil de la maison ont été renouvelés.</p>	

2016
-
2020

Pendant cette période, des travaux externes et internes intermittents ont été entrepris afin de permettre l'accès au gaz de ville. Les travaux, tant externes qu'internes, ont été achevés entre 2016 et 2018, et les avantages finaux ont été réalisés en 2020, et même aussi les problèmes d'électricité ont également été résolus par la disponibilité des compteurs supplémentaires pour réduire la pression.

Actuellement

La maison est en bon état, bien que parfois des petits travaux simples tels que la peinture ou la réparation de fuites soient nécessaires. Elle constitue un bon exemple pour la mise en place de solutions visant à améliorer l'efficacité énergétique et à obtenir de bons résultats en matière de consommation d'énergie.

Eléments de composition de la maison et leurs fonctions



La skifa est un espace intermédiaire entre l'entrée de la rue et le wast al-dar, protégeant l'intimité des résidents, assurant la sécurité et régulant la température en bloquant les courants d'air directs



Le patio, également appelé cour ou wast al-dar, est le cœur de la maison. C'est un espace ouvert entouré par les pièces de la maison et souvent bordé de galeries, il fournit lumière naturelle, ventilation, et régule la température intérieure. Le patio est aussi un espace de vie et de rassemblement familial, soulignant l'importance de l'intimité dans l'architecture algérienne.



La galerie est un passage couvert situé autour du patio, souvent à l'étage. Elle joue un double rôle : elle offre une protection contre les intempéries et assure la desserte des différentes pièces situées à l'étage



El biout fait référence aux chambres allongées situées à différents niveaux de la maison. Au rez-de-chaussée, elles sont appelées bit, au premier étage ghourfa, et au deuxième étage manzah. Ces chambres servent généralement de pièces à coucher ou de salons familiaux.



La terrasse est un espace situé au-dessus du dernier étage, offrant une vue panoramique sur les environs. Elle peut servir de lieu de rassemblement familial, de détente ou de loisirs. La terrasse est souvent utilisée par les femmes pour profiter du soleil et de l'air frais, tout en préservant leur intimité.



La cuisine est un espace essentiel situé au niveau du patio. Elle est éclairée par des fenêtres qui s'ouvrent sur le vestibule. La cuisine est le lieu où les habitants préparent les repas et où la famille se réunit pour partager des moments de convivialité. Son emplacement au niveau du patio permet une bonne ventilation et un accès facile aux autres parties de la maison.



L'escalier est un élément architectural essentiel qui relie les différents niveaux de la maison. Souvent conçu avec des volées droites, il assure la circulation verticale. L'escalier contribue à l'organisation intérieure de la maison et peut être intégré de manière à harmoniser avec le style architectural.



La bit el saboune est généralement située au sous-sol de la maison, et elle est éclairée par un vasistas donnant sur la rue.

Eléments architectoniques de la maison



Les portes intérieures séparent les différentes pièces du patio ou des galeries. Elles sont souvent fabriquées en bois, présentent souvent un motif géométrique spécifique, et peuvent être ornées selon les traditions locales.



Les portes extérieures, principales entrées et accès aux rues, sont robustes et renforcées pour assurer la sécurité. Souvent décorées de motifs traditionnels, elles sont en bois avec des clous et des heurtoirs en bronze.



La balustrade est un garde-corps en bois fixé entre deux colonnes du premier et du deuxième étage. Son niveau atteint la hauteur de la demi-colonne à section octogonale.



Les fenêtres, en générale, sont placées de chaque côté de l'entrée des chambres. Elles sont généralement rectangulaires ou carrées, dotées de battants en bois massif et munies de grilles pour la sécurité.



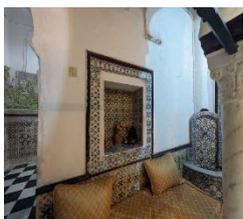
Les arcades offrent une grande flexibilité dans l'espacement entre les colonnes et servent de renforcement pour les galeries et les murs. Elles se déclinent en plusieurs types, notamment l'arc outrepassé, l'arc en plein cintre et l'arc en ogive.



Les colonnes présentent différentes caractéristiques selon leur emplacement dans la maison. Au RDC, qu'elles soient en marbre ou en tuf, elles sont torsadées du chapiteau à leur base. En revanche, à l'étage, la torsion cesse juste avant d'atteindre l'appui de la barre supérieure de la balustrade. À partir de cette hauteur, les colonnes adoptent une section octogonale jusqu'à la base. Ces colonnes sont constituées de pierre, comme le marbre ou le calcaire.



Le revêtement des sols : Le choix du revêtement de sol diffère selon les zones. Les espaces de service au sous-sol sont généralement pavés de briques arrangées en opus spicatum. Les pièces simples comme les chambres de service sont revêtues de tomettes en terre cuite.



Le revêtement des murs : Il joue un rôle essentiel dans l'esthétique de maisons, avec une prédominance des carreaux de céramique. Ils ornent divers éléments : les soubassements des murs, les encadrements des fenêtres, les frises et bande autour des arcs du patio,. Ces décors se déclinent en motifs floraux, géométriques, et parfois font.

DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT TECHNIQUE DU BÂTIMENT

La maison est située au niveau de la haute Casbah, à l'emplacement de la maison N°17 de la rue des Abderames, à proximité de la célèbre maison d'Ali la Pointe. Cette maison avec une forme irrégulière trapézoïdale orientée vers le sud. Cette maison s'étend sur trois niveaux, avec un grand patio de forme régulière (carré) assurant la ventilation et la lumière naturelle, ainsi qu'une grande terrasse au dernier niveau offrant une belle vue sur la mer.

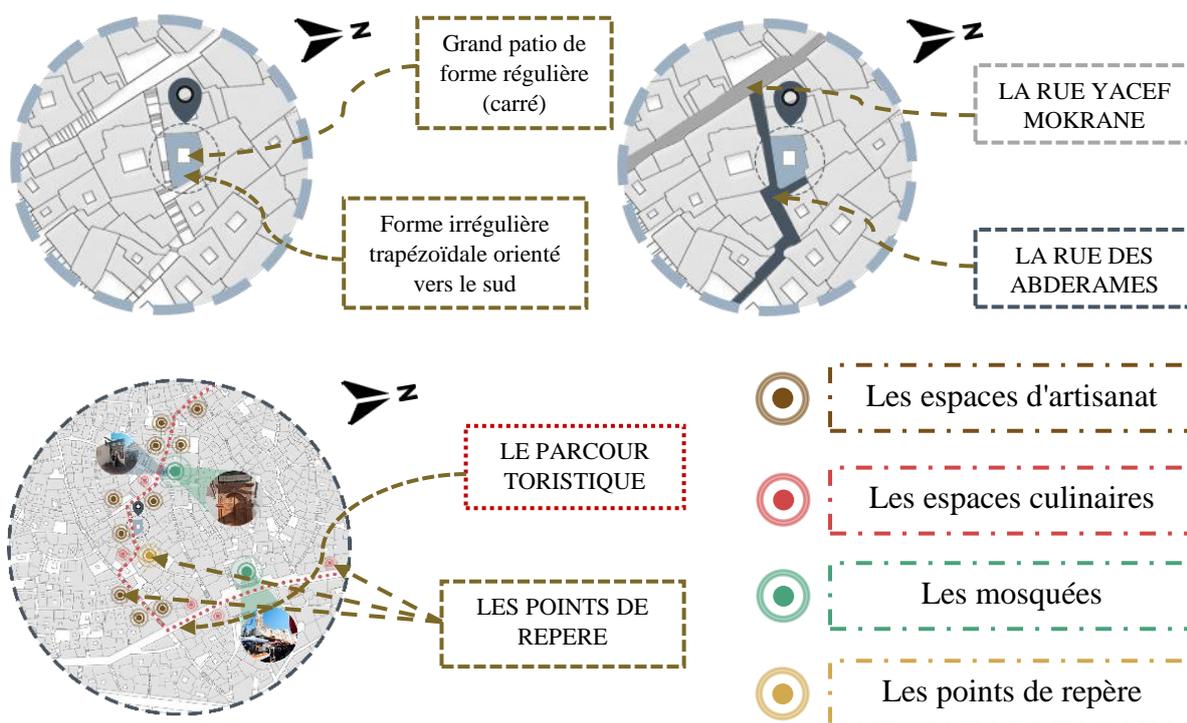


Figure 84.L'emplacement de la maison au différent niveau

De ce fait, cette maison de typologie traditionnelle d'une maison à patio comprend

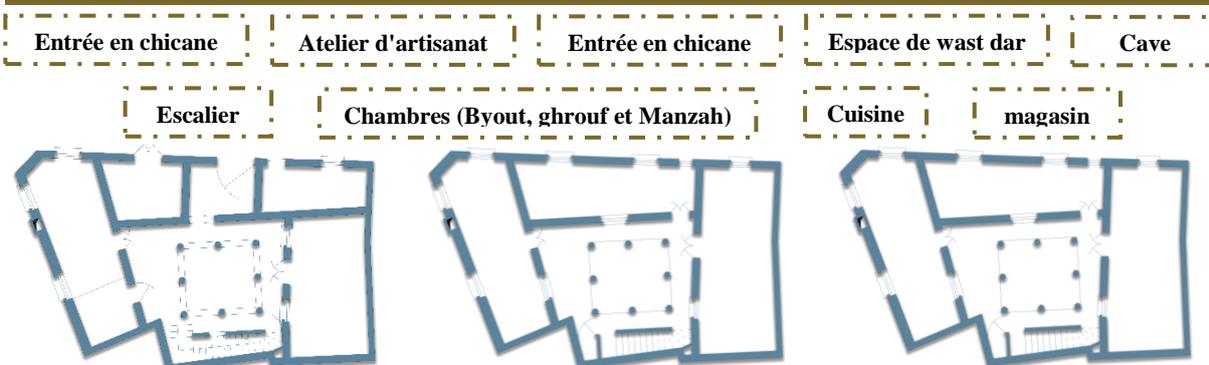


Figure 85.Le relevé de la maison. *Source : Auteurs*

Les ouvertures, telles que les portes et les fenêtres, sont des éléments essentiels de l'architecture de la Casbah. Les portes en bois massif sont souvent ornées de motifs traditionnels et de ferronneries complexes. Les fenêtres, généralement de petite taille, sont conçues pour

maximiser la lumière naturelle tout en assurant la ventilation des espaces intérieurs tout en préservant l'intimité des habitants. Elles sont souvent encadrées de manière élégante et peuvent être agrémentées de grilles en fer forgé pour des raisons de sécurité et de décoration.



Figure 86. Les types des ouvertures. Source : auteurs

La topographie accidentée a influencé la disposition des maisons, souvent construites en terrasses sur les flancs de la colline. Elles s'adossent les unes aux autres, formant un enchevêtrement de bâtiments, dans le cas de maison 17 la pente avec une pente de 17 à 20 %.

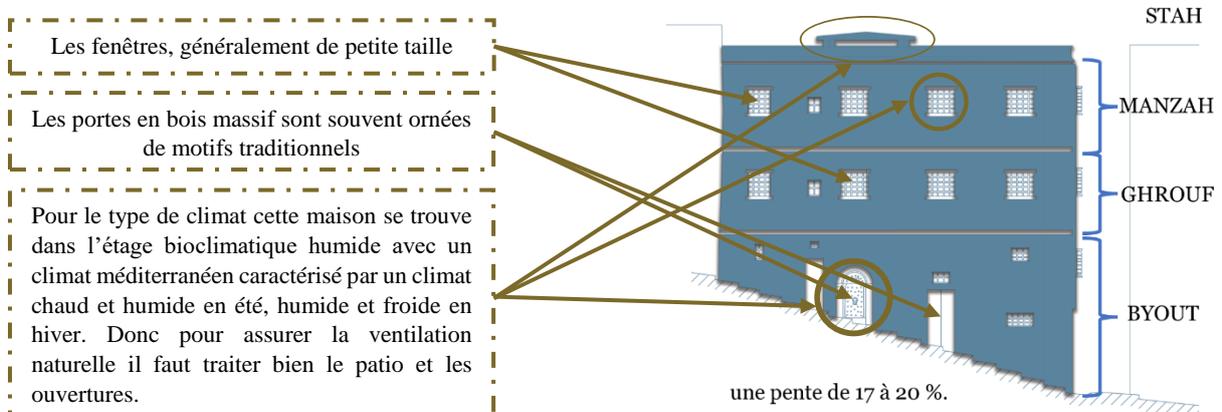
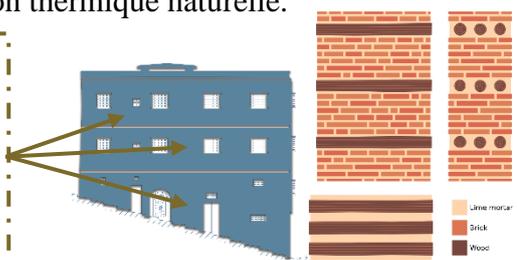


Figure 87. Les éléments de la maison. Source : Auteurs

Cette maison se distingue par son architecture unique et son système constructif traditionnel. Construite en utilisant des matériaux locaux tels que la pierre, le bois et la chaux, elle est caractérisée par des murs épais qui offrent une isolation thermique naturelle.

Les fondations solides assurent la stabilité de la structure, Les murs constituent l'ossature de ces maisons. Ils sont généralement construits en pierre ou en brique, Ils sont assemblés avec soin, souvent à l'aide de mortier de chaux, et peuvent être renforcés par des contreforts ou des arcs pour garantir leur stabilité face aux forces sismiques et aux conditions météorologiques.



Les planchers des maisons sont complexes, composés de plusieurs couches pour garantir solidité et confort. Ils débutent avec des rondins de bois de cèdre ou de thuya (12 à 20 cm), sur lesquels sont posées des planches de voligeage en bois (2 à 7 cm), pour former une surface uniforme. Ensuite, une couche épaisse d'agglomérat de pierres et de terres offre isolation et résistance aux charges (20 à 25 cm). Cette couche est recouverte d'un mortier de chaux et de sable pour assurer la stabilité. Enfin, les planchers sont revêtus de carreaux de céramique ou de tomettes en terre cuite (2 à 7 cm), pour une touche esthétique et fonctionnelle.

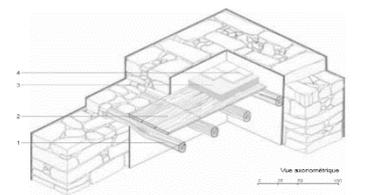


Figure 88. Système constructif de la maison. Source : Auteurs

Les portes, les fenêtres, les garde-corps et même les revêtements intérieurs des espaces sont restés les mêmes, avec le même tissu, sculptures et matériaux, préservant ainsi l'authenticité de cette demeure historique.



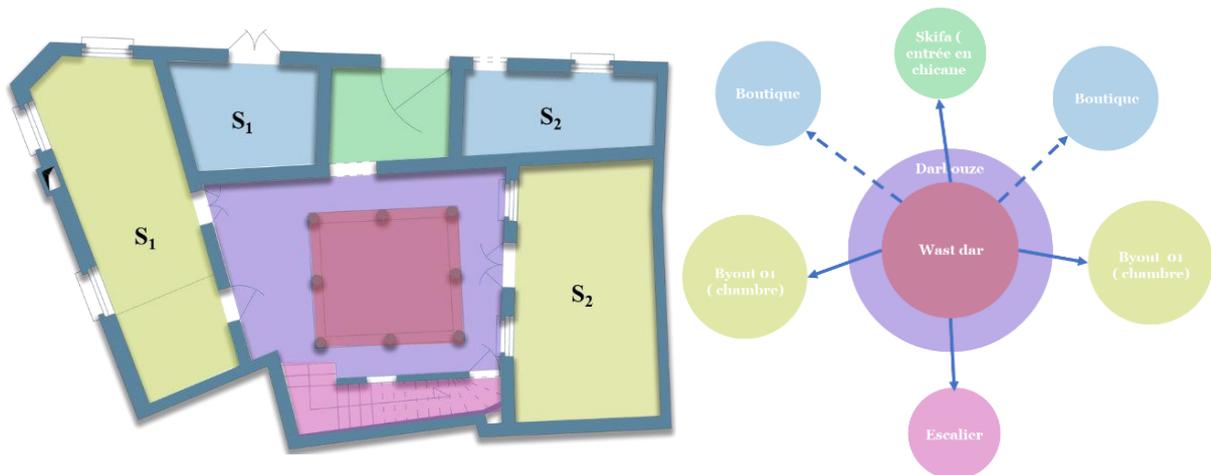
Actuellement



La maison est actuellement en bon état sur le plan structurel, malgré quelques petits problèmes, notamment une fuite au niveau de la terrasse (MANZAH) et dans une chambre au rez-de-chaussée (BIT). Ces problèmes ont été corrigés par les habitants de la maison, qui ont également trouvé une solution pour une fuite au niveau du mur mitoyen avec les voisins en construisant un mur équipé d'une canalisation (SAGYA) pour évacuer l'eau vers le réseau public. Globalement, la maison est en bon état du point de vue structurel, esthétique et formel, et ne nécessite aucuns travaux majeurs. En termes de consommation, la maison utilise beaucoup d'énergie, surtout au dernier étage, en raison de son exposition directe au rayonnement solaire qui chauffe le plancher et la fermeture du patio qui crée un effet de serre et empêchant la ventilation naturelle, ce qui entraîne un manque de confort constant et général dans le bâtiment. Cela se traduit par un rez-de-chaussée froid et un dernier étage chaud

PROGRAMME ET ORGANIGRAMME

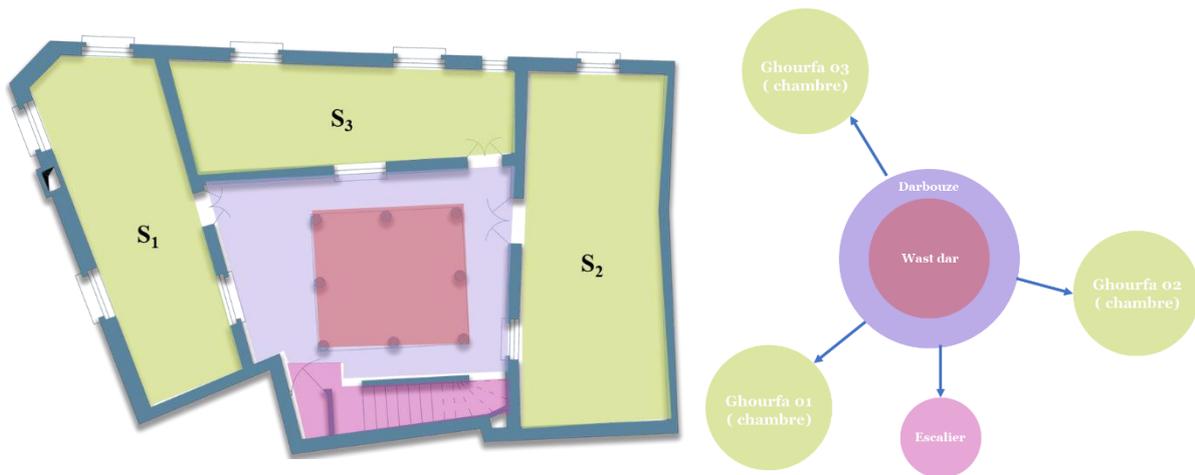
• RDC



Espace	WAST DAR	SKIFA	DARBOUZE	BOUTIQUE 01	BOUTIQUE 02	BIT 01	BIT 02	ESCALIER
Surface	12 M ²	07 M ²	18 M ²	08 M ²	09 M ²	21 M ²	20 M ²	05 M ²

Figure 89. Programme et organigramme de RDC. *Source : Auteurs*

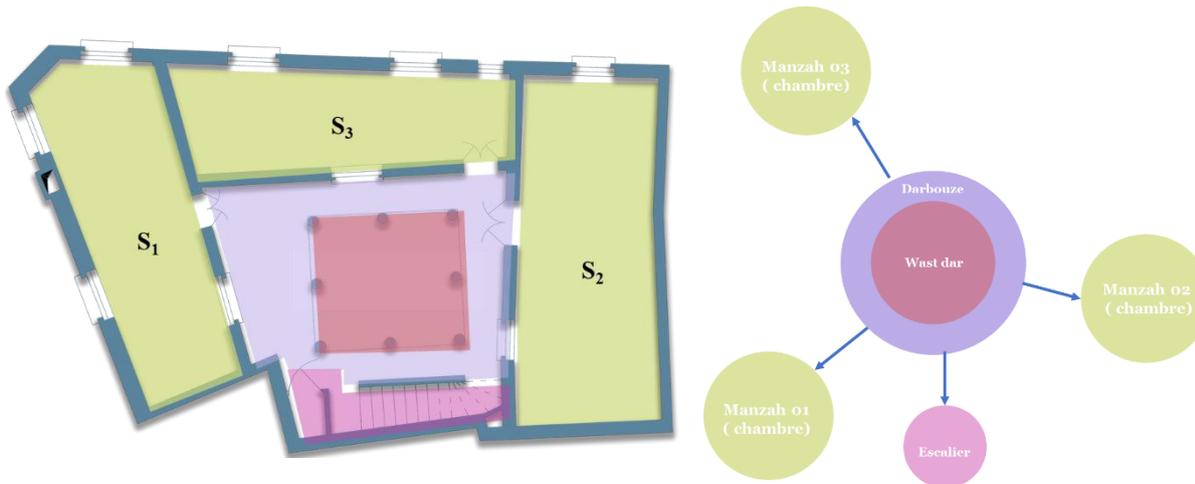
• 1^{ère} ETAGE



Espace	WAST DAR	DARBOUZE	GHOURLA 01	GHOURLA 02	GHOURLA 03	ESCALIER
Surface	12 M ²	18 M ²	21 M ²	26 M ²	17 M ²	05 M ²

Figure 90. Programme et organigramme de R+1. *Source : Auteurs*

• 2^{ème} ETAGE



Espace	WAST DAR	DARBOUZE	MANZAH 01	MANZAH 02	MANZAH 03	ESCALIER
Surface	12 M ²	18 M ²	21 M ²	26 M ²	17 M ²	05 M ²

Figure 91. Programme et organigramme de R+2. *Source : Auteurs*

La consommation énergétique actuelle du bâtiment existant : Tout au long de l'année, la maison consomme de l'énergie, avec une demande plus importante pendant la saison estivale par rapport à l'hiver en raison de l'utilisation des appareils de climatisation pour réduire la température intérieure. Cela est dû au patio couvert, qui génère un effet de serre, créant un phénomène de rez-de-chaussée frais et d'étage supérieur chaud, nécessitant des solutions pour assurer une ventilation adéquate.

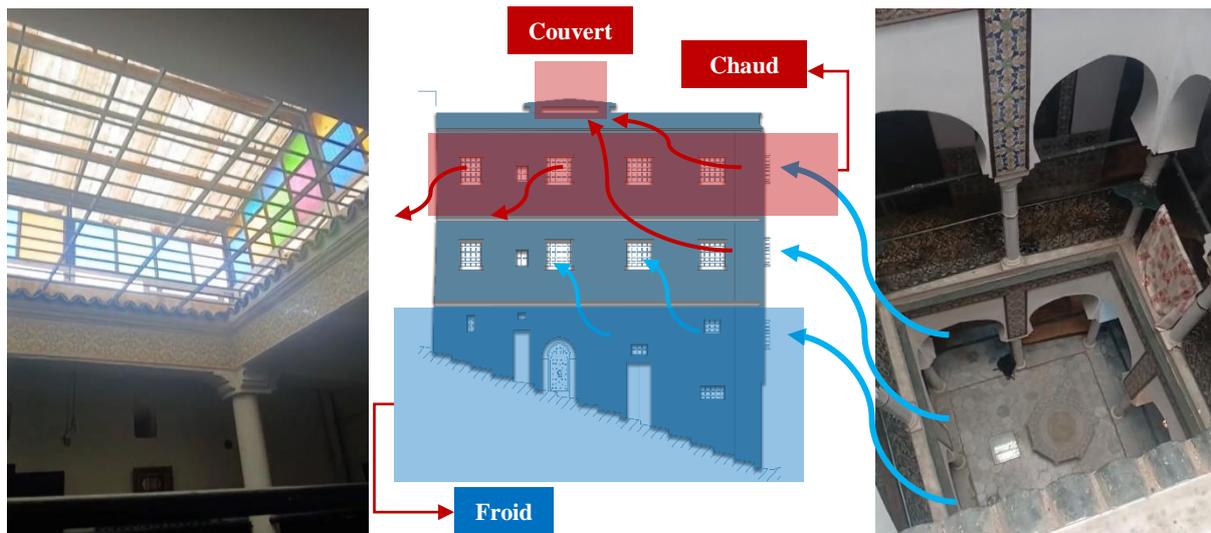


Figure 92. Les causes de la consommation énergétique. *Source : Auteurs.*

Les pertes de chaleur globales du bâtiment, ainsi que leur répartition par composants (murs, fenêtres, planchers) : La majorité des pertes de chaleur se produit dans le patio plutôt que dans les pièces, même au niveau des ouvertures comme les fenêtres. Cependant, la maison est bien isolée grâce à ses murs épais et son patio couvert.

Les conditions de gestion et d'utilisation du bâtiment : La maison est bien entretenue grâce au propriétaire qui s'occupe en permanence de la maintenance. Des petits travaux simples, tels que la peinture ou la réparation de fuites, sont réalisés lorsque nécessaire, ce qui contribue à augmenter la durée de vie de la maison.

Le niveau de confort intérieur selon les saisons : Le patio couvert sert de bouclier efficace contre le soleil et le froid, assurant ainsi un niveau de confort intérieur constant en hiver. Cependant, en été, l'absence totale d'ouvertures dans le patio couvert crée un effet de serre, entraînant une instabilité du confort intérieur (RDC froid et dernier étage chaud).

Cette caractéristique est particulièrement bénéfique pour ceux qui cherchent à se protéger des conditions météorologiques extrêmes, car elle aide à maintenir un environnement agréable à

l'intérieur malgré les fluctuations extérieures, à condition d'assurer une ventilation qui équilibre le confort entre l'été et l'hiver.

Les appareils électroniques utilisés dans cette maison



Figure 93. Les appareils électroniques utilisés dans cette maison. *Source : Auteurs*

Classement DPE (diagnostic de performance énergétique) / classe énergétique

La classe énergétique d'une maison est un indicateur fiable de sa performance énergétique. Ce système de notation des biens immobiliers est réparti en 7 classes, de la lettre A à G, et permet d'anticiper le montant des futures consommations et factures d'énergie.

Pour calculer et définir la classe énergétique de Dar FARCHOUKH, nous avons collecté les factures d'électricité et de gaz sur quatre trimestres (les factures sont disponibles en annexe) afin de déterminer la consommation annuelle de la maison en kWh.

Cette maison comporte trois compteurs d'électricité (un par niveau) et un autre au niveau de la cave pour l'atelier de couture, ainsi qu'un compteur de gaz de ville. Après avoir additionné la

consommation annuelle (électricité annuelle en kWh + gaz annuel * 1,16 pour obtenir le résultat en kWh), nous avons calculé l'indicateur de performance énergétique (IPE) et utilisé le tableau du label BBC rénovation « basse consommation » pour déterminer le niveau de classement de cette maison.

Le tableau du calcul de l'indicateur de performance énergétique

CONSOMMATION ANNUELLE			
ELECTRICITE	Compteur 01 (RDC)	$T_1+T_2+T_3+T_4= 150+250+320+340=1060$ KWH	13480 KWH
	Compteur 02 (R+1)	$T_1+T_2+T_3+T_4=450+650+750+350=2200$ KWH	
	Compteur 03 (R+2)	$T_1+T_2+T_3+T_4=640+720+970+500= 2830$ KWH	
	Compteur 04 (la cave)	$T_1+T_2+T_3+T_4=1750+2010+1940+1980= 7580$ KWH	
GAZ NATUREL	Compteur	$(T_1+T_2+T_3+T_4) Th*1,16= (890+587+564+410) *1,16= 2845$ KWH	

Pour calculer l'indicateur de performance énergétique (IPE)= consommation annuelle / LA SURFACE HABITABLE DE LA MAISON= $16615/210=77,21$ KWH/m².ans

Les réglementations thermiques



Selon le label BBC rénovation « basse consommation », la maison située au niveau de classement B, à cause du chiffre IPE Limité entre 51 et 90.

Dar El-Zeman, située au N 02 de la rue Kadi Said

FICHE TECHNIQUE

Nom : Dar El-Zeman

Année de la construction : 1820-1850

Situation : la rue Kadi Said

Surface : 110 m²

Forme : irrégulière trapézoïdale avec un patio de forme aussi irrégulière.

Typologie : maison à patio « *wast al dar* »

Nombre des étages : 2 niveaux avec une terrasse

Etat de bâti : un bon état à une altération superficielle due à la dégradation

Nombre des habitants : 06

La topographie : 11 %

La vitesse du vent : Les vents sont dans deux directions Ouest et Est d'une vitesse de max=17m/s et min=8 m/s

Type de climat : Zone humide

Usage actuel : habitation et exposition.



DIAGNOSTIC PATRIMONIAL

Les maisons de la Casbah sont des éléments cruciaux pour la préservation du patrimoine culturel, historique et architectural de la région. Afin de garantir cette préservation, diverses réglementations et actions sont mises en œuvre, notamment le Plan Permanent de Sauvegarde et de Mise en Valeur du Secteur Sauvegardé (PPSMVSS) ainsi que des mesures d'urgence. Ces initiatives soulignent l'importance de protéger ce patrimoine classé au niveau mondial.

Prenons l'exemple de N 02 de la rue Kadi Said, elle est classée dans la zone homogène N°2 « Tissu Traditionnel » selon la réglementation du PPSMVSS. Ce plan contient plusieurs recommandations pour les opérations de préservation relatives à l'état de ce bâtiment, y compris la consolidation, la restauration, la réhabilitation ou autre. Il précise également l'état de ce bâtiment selon les critères cités dans la réglementation et pour cette maison en allant d'un bon état à une altération superficielle due à la dégradation.

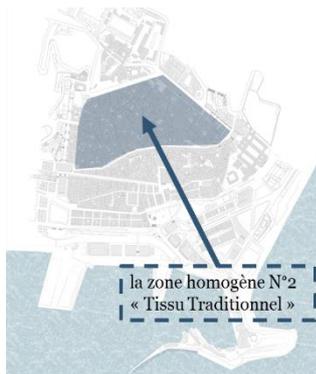


Figure 95. La zone homogène N 02



Figure 94. L'intérieur de la maison

Au cœur de la Casbah d'Alger se dresse une maison chargée d'histoire, érigée en 1820/1850. Ce bâtiment emblématique comprend deux niveaux principaux : un niveau destiné au commerce et exposition, ouvert au public, et les autres réservés à l'habitation, plus privé. Le niveau commercial abritait un espace culinaire, et même un espace d'exposition, témoignant de l'effervescence économique de l'époque. Quant au premier niveau résidentiel, il contient plusieurs espaces sous le nom « GHORAF ». Pour le dernier niveau, il offre une terrasse offrant une vue imprenable sur la mer avec une autre partie couvert qui marque un espace sur le nom de « MANZAH ». Cette maison a connu de nombreux changements et modifications (de grande modification au petite).

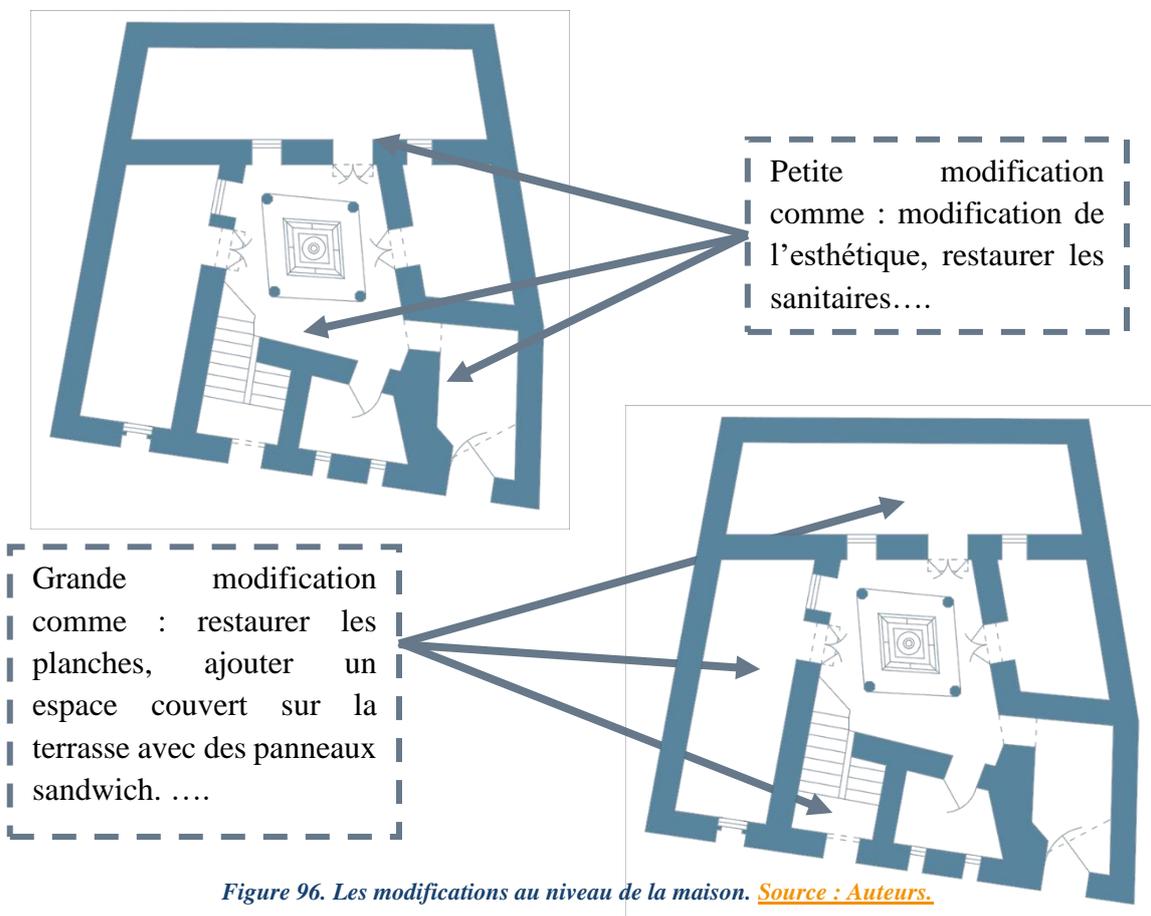


Figure 96. Les modifications au niveau de la maison. *Source : Auteurs.*

Histoire et l'évolution du bâtiment et de ses éléments

1800
-
1850

La maison, construite avec deux niveaux résidentiels et une terrasse offrant une vue sur la mer, a été érigée pendant une période de construction spécifique. Elle se distingue par sa structure robuste.

En
1993

Les importants travaux dans cette maison ont été entrepris en raison de la détérioration de son état. Les planchers étaient dans un état catastrophique, ce qui a conduit les propriétaires, en collaboration avec l'État, à restaurer tous les planchers en utilisant des matériaux d'origine et locaux.

1995
-
1996

Durant cette période, l'aspect esthétique et culturel de la maison a été minutieusement préservé par la restauration de certaines peintures à des endroits spécifiques, le remplacement de divers types de faiences, et la redécoration des arcs. De plus, les portes, les fenêtres, et le seuil de la maison ont été renouvelés.

En
2012

Pendant cette période, les sanitaires de la maison ont été entièrement rénovés. L'utilisation de nouveaux matériaux et techniques modernes a permis de transformer et d'embellir cet espace, ajoutant à la fois fonctionnalité et esthétique. Ces améliorations ont grandement contribué au confort global de la maison.

En
2014

Le propriétaire a ajouté un nouvel étage à la maison, comprenant une partie de la terrasse couverte, un manzah, des sanitaires et une terrasse ouverte offrant des vues panoramiques. Cependant, cette extension a été réalisée avec des matériaux modernes, tels que des panneaux sandwich et des tuiles en tôle, choisis pour leur légèreté. Ce choix de matériaux n'a pas respecté le caractère patrimonial de la maison et a altéré sa continuité esthétique.

En
2014

La maison a remporté la deuxième place au concours de la maison la mieux entretenue, organisé par l'Association Sauvons la Casbah d'Alger (ASCA) et remis par sa présidente, Mme Houria Bouhired. Ce prix comprenait une somme d'argent qui a permis aux propriétaires de terminer les travaux esthétiques ultérieurs.

Aujourd'
hui

La maison est en bon état, bien que des petits travaux simples, comme des retouches de peinture et réparation. Elle représente un excellent modèle pour la mise en œuvre de solutions visant à améliorer l'efficacité énergétique

Éléments de composition de la maison et leurs fonctions



La **skifa** est un espace intermédiaire entre l'entrée de la rue et le wast al-dar, protégeant l'intimité des résidents, assurant la sécurité et régulant la température en bloquant les courants d'air directs



Le **patio**, également appelé cour ou wast al-dar, est le cœur de la maison. C'est un espace ouvert entouré par les pièces de la maison et souvent bordé de galeries, il fournit lumière naturelle, ventilation, et régule la température intérieure. Le patio est aussi un espace de vie et de rassemblement familial, soulignant l'importance de l'intimité dans l'architecture algérienne.



La **galerie** est un passage couvert situé autour du patio, souvent à l'étage. Elle joue un double rôle : elle offre une protection contre les intempéries et assure la desserte des différentes pièces situées à l'étage



L'**escalier** est un élément architectural essentiel qui relie les différents niveaux de la maison. Souvent conçu avec des volées droites, il assure la circulation verticale. L'escalier contribue à l'organisation intérieure de la maison et peut être intégré de manière à harmoniser avec le style architectural.



La **terrasse** est un espace situé au-dessus du dernier étage, offrant une vue panoramique sur les environs. Elle peut servir de lieu de rassemblement familial, de détente ou de loisirs. La terrasse est souvent utilisée par les femmes pour profiter du soleil et de l'air frais, tout en préservant leur intimité.



La **cuisine** est un espace essentiel situé au niveau du patio. Elle est éclairée par des fenêtres qui s'ouvrent sur le vestibule. La cuisine est le lieu où les habitants préparent les repas et où la famille se réunit pour partager des moments de convivialité. Son emplacement au niveau du patio permet une bonne ventilation et un accès facile aux autres parties de la maison.



El **biout** fait référence aux chambres allongées situées à différents niveaux de la maison. Au rez-de-chaussée, elles sont appelées bit, au premier étage ghourfa, et au deuxième étage manzah. Ces chambres servent généralement de pièces à coucher ou de salons familiaux.



La **bit el saboune** est généralement située au sous-sol de la maison, et elle est éclairée par un vasistas donnant sur la rue.



Le **khou** désigne un espace ombragé ou abrité créé par l'architecture traditionnelle des ruelles étroites. Ces zones offrent un refuge contre la chaleur et sont des lieux de rencontre pour les habitants, symbolisant la convivialité et la vie communautaire.

Éléments architectoniques de la maison



Les **portes intérieures** séparent les différentes pièces du patio ou des galeries. Elles sont souvent fabriquées en bois, présentent souvent un motif géométrique spécifique, et peuvent être ornées selon les traditions locales.



Les **portes extérieures**, principales entrées et accès aux rues, sont robustes et renforcées pour assurer la sécurité. Souvent décorées de motifs traditionnels, elles sont en bois avec des clous et des heurtoirs en bronze.



La **balustrade** est un garde-corps en bois fixé entre deux colonnes du premier et du deuxième étage. Son niveau atteint la hauteur de la demi-colonne à section octogonale.



Les **fenêtres**, en générale, sont placées de chaque côté de l'entrée des chambres. Elles sont généralement rectangulaires ou carrées, dotées de battants en bois massif et munies de grilles pour la sécurité.



Les **arcades** offrent une grande flexibilité dans l'espacement entre les colonnes et servent de renforcement pour les galeries et les murs. Elles se déclinent en plusieurs types, notamment l'arc outrepassé, l'arc en plein cintre et l'arc en ogive.



Les **colonnes** présentent caractéristiques selon leur emplacement dans la maison. Au RDC, qu'elles soient en marbre ou en tuf, elles sont torsadées du chapiteau à leur base. En revanche, à l'étage, la torsion cesse juste avant d'atteindre l'appui de la barre supérieure de la balustrade. À partir de cette hauteur, les colonnes adoptent une section octogonale jusqu'à la base. Ces colonnes sont constituées de pierre, comme le marbre ou le calcaire.



Le revêtement des sols : Le choix du revêtement de sol diffère selon les zones. Les espaces de service au sous-sol sont généralement pavés de briques arrangées en opus spicatum. Les pièces simples comme les chambres de service sont revêtues de tomettes en terre cuite, tandis que les espaces de vie sont revêtus de carreaux de céramique



Le revêtement des murs : Il joue un rôle essentiel dans l'esthétique de maisons, avec une prédominance des carreaux de céramique. Ils ornent divers éléments : les soubassements des murs, les encadrements des fenêtres, les frises et bande autour des arcs du patio, ainsi que les bordures soulignant les corniches des façades. Ces décors se déclinent en motifs floraux, géométriques, et parfois font.

DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT TECHNIQUE DU BÂTIMENT

La maison est située au niveau de la haute Casbah, à l'emplacement de la maison N 02 de la rue Kadi Said, à proximité de la célèbre Ain de la Casbah d'Alger (Ain MZAWGA) et même la célèbre Stah El BAHDJA. Cette maison avec une forme irrégulière trapézoïdale orienté vers le sud Est. Cette maison s'étend sur deux niveaux, avec un patio de forme irrégulière (Parallélogramme) assurant la ventilation et la lumière naturelle, ainsi qu'une terrasse au dernier niveau offrant une belle vue sur la mer.

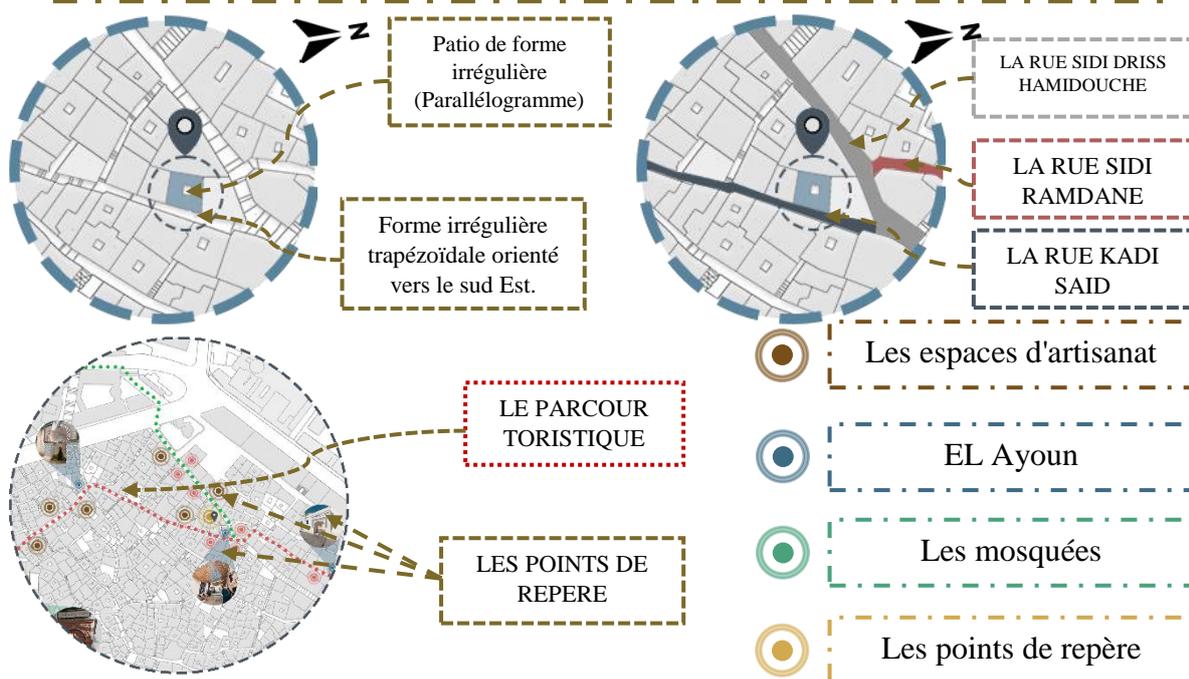


Figure 97. L'emplacement de la maison au différent niveau. *Source : Auteurs.*

De ce fait, cette maison de typologie traditionnelle d'une maison à patio comprend

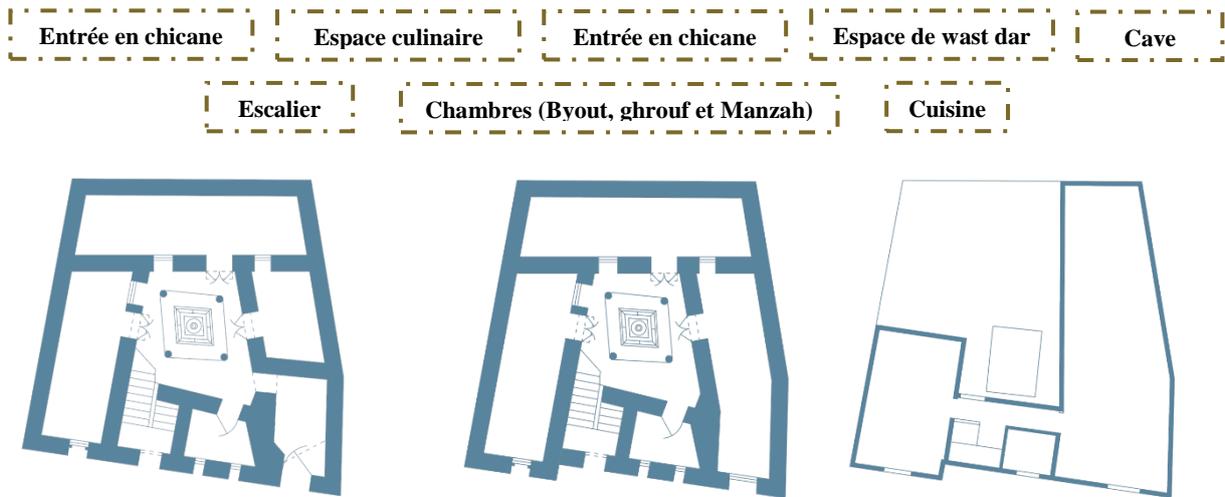


Figure 98. Le relevé de la maison. *Source : Auteurs*

Les ouvertures, notamment les portes et les fenêtres, constituent des éléments clés de l'architecture de la Casbah. Les portes, souvent en bois massif, sont richement décorées de motifs traditionnels et de ferronneries élaborées. Les fenêtres, généralement petites, sont conçues pour optimiser la lumière naturelle et assurer la ventilation des espaces intérieurs tout en préservant l'intimité des habitants. Encadrées avec élégance, elles sont fréquemment ornées de grilles en fer forgé, combinant sécurité et esthétique.



Figure 99. L'intérieur de la maison. *Source : Auteurs*

La topographie accidentée a influencé la disposition des maisons, souvent construites en terrasses sur les flancs de la colline. Elles s'adossent les unes aux autres, formant un enchevêtrement de bâtiments, dans le cas de la maison 02 la pente avec une pente de 11 %.

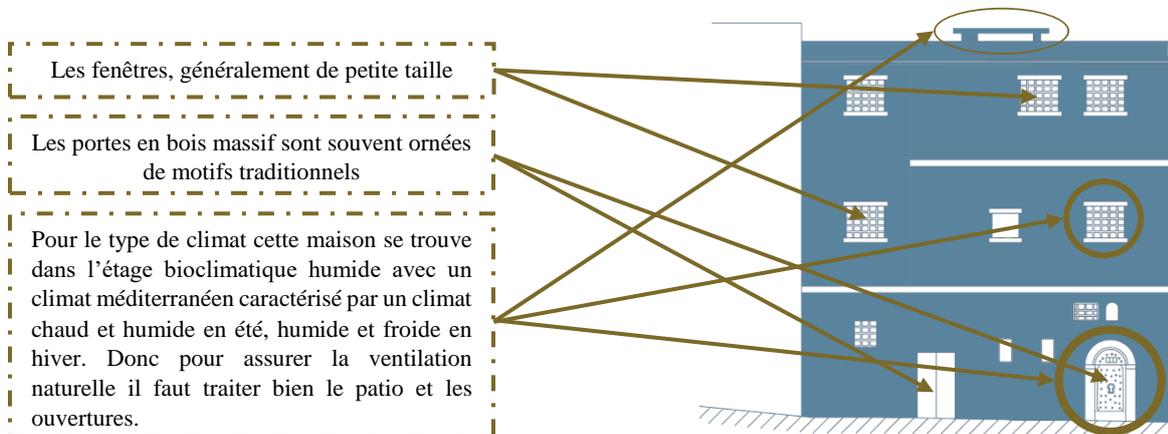


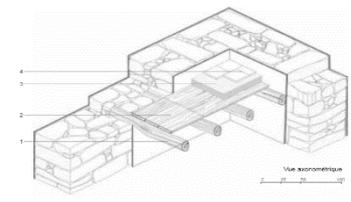
Figure 100. Les éléments de la maison. *Source : Auteurs*

Cette maison se distingue par son architecture singulière et son système de construction traditionnel. Érigée avec des matériaux locaux comme la pierre, le bois et la chaux, elle se caractérise par ses murs épais qui procurent une isolation thermique naturelle.

Les fondations robustes garantissent la stabilité de la structure. Les murs, formant l'ossature des maisons, sont généralement en pierre ou en brique, assemblés avec soin à l'aide de mortier de chaux. Ils peuvent être renforcés par des contreforts ou des arcs pour résister aux forces sismiques et aux conditions météorologiques.



Les planchers des maisons sont complexes, composés de plusieurs couches pour garantir solidité et confort. Ils débutent avec des rondins de bois de cèdre ou de thuya (12 à 20 cm), sur lesquels sont posées des planches de voligeage en bois (2 à 7 cm), pour former une surface uniforme. Ensuite, une couche épaisse d'agglomérat de pierres et de terres offre isolation et résistance aux charges (20 à 25 cm). Cette couche est recouverte d'un mortier de chaux et de sable pour assurer la stabilité. Enfin, les planchers sont revêtus de carreaux de céramique ou de tomettes en terre cuite (2 à 7 cm), pour une touche esthétique et fonctionnelle.



Les portes, les fenêtres, les garde-corps et même les revêtements intérieurs des espaces sont restaurés et modifiés avec le même tissu, les mêmes sculptures et matériaux, préservant ainsi l'authenticité de cette demeure historique.

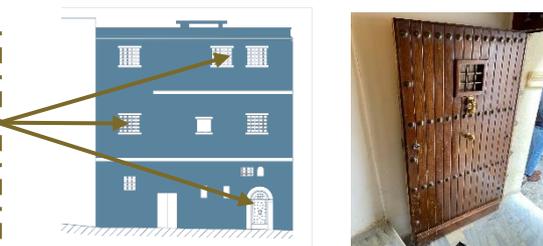


Figure 101. Système constructif de la maison. Source : Auteurs

Actuellement

The icon shows a simple house outline with a lightning bolt striking the roof, symbolizing current status or a warning.

La maison est actuellement en bon état sur le plan structurel, malgré quelques petits problèmes, notamment addition des espaces au niveau de la terrasse avec des mauvais matériaux (panneaux sandwichs et tôle tuile). Dans l'ensemble, la maison est en bon état structurel et esthétique, ne nécessitant aucun travail majeur. Toutefois, elle présente une consommation énergétique élevée, particulièrement au dernier étage, en raison de son exposition directe au rayonnement solaire qui réchauffe le plancher. En revanche, il n'existe pas de problème d'effet de serre grâce à l'utilisation d'un système de patio à toit ouvrant, qui garantit une certaine ventilation naturelle et procure un confort général dans le bâtiment.

PROGRAMME ET ORGANIGRAMME

• RDC

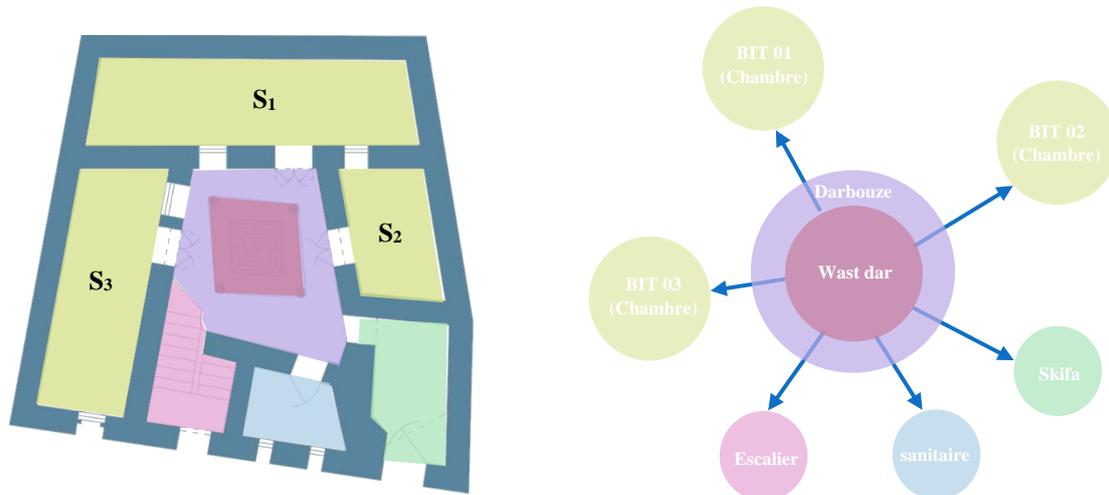


Figure 102. Programme et organigramme de RDC. *Source : Auteurs*

Espace	WAST DAR	SKIFA	DARBOUZE	SANITAIRE	BIT 01	BIT 02	BIT 03	ESCALIER
Surface	5,5 M ²	07 M ²	9,3 M ²	4 M ²	17,8 M ²	14,1 M ²	13,8 M ²	5,1 M ²

• R+1

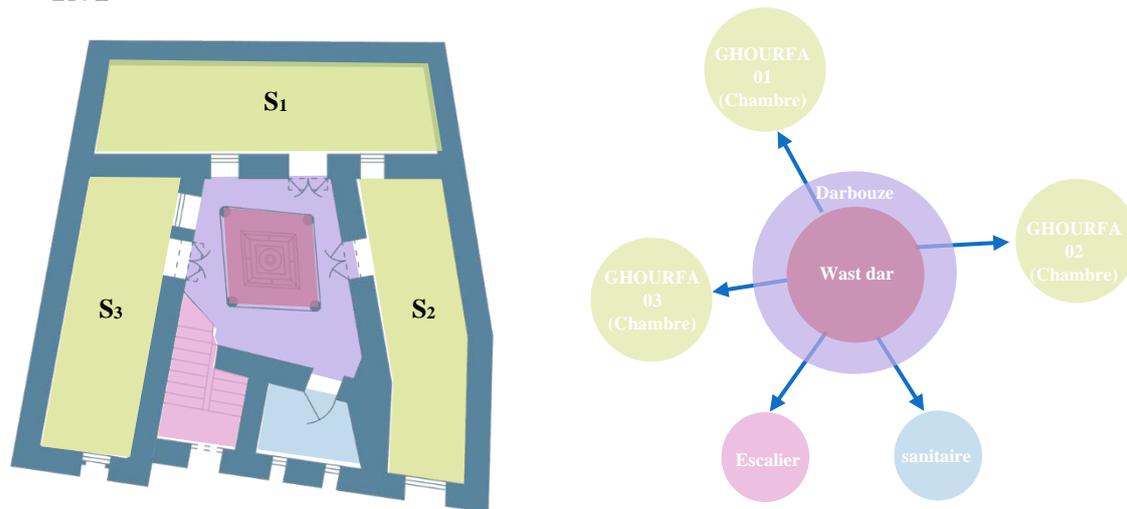


Figure 103. Programme et organigramme de RDC. *Source : Auteurs*

Espace	WAST DAR	DARBOUZE	SANITAIRE	GOURFA 01	GHOURFA 02	GHOURFA 03	ESCALIER
Surface	5,5 M ²	9,3 M ²	4 M ²	17,8 M ²	14,1 M ²	15,6 M ²	5,1 M ²

• TERRASSE

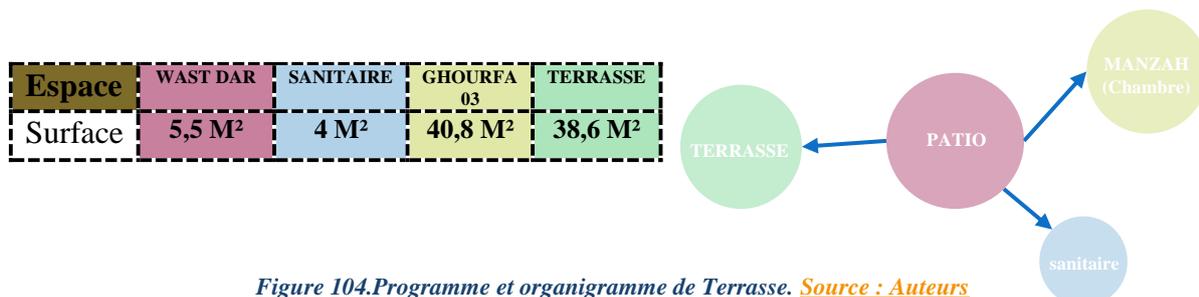


Figure 104. Programme et organigramme de Terrasse. *Source : Auteurs*

La consommation énergétique actuelle du bâtiment : Tout au long de l'année, la maison consomme de l'énergie, avec une demande plus importante pendant la saison estivale par rapport à l'hiver en raison de l'utilisation des appareils de climatisation pour réduire la température intérieure. Cela est dû à l'exposition directe du plancher au rayonnement solaire, qui augmente la température de l'espace, nécessitant des solutions pour réduire la température et assurer le confort.

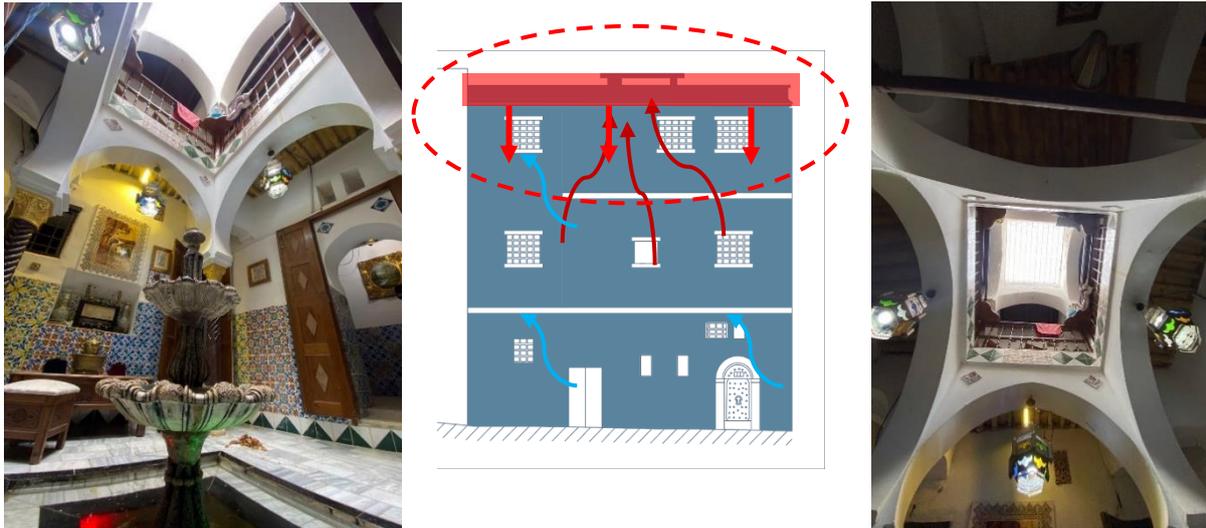


Figure 105. Les causes de la consommation énergétique. *Source : Auteurs.*

Les pertes de chaleur globales du bâtiment, ainsi que leur répartition par composants (murs, fenêtres, planchers) : La majorité des pertes de chaleur se produit lorsque le patio est ouvert, plutôt que dans les pièces, même en tenant compte des ouvertures comme les fenêtres et les portes. Cependant, la maison est bien isolée grâce à ses murs épais et à son patio couvert pendant les périodes hivernales.

Les conditions de gestion et d'utilisation du bâtiment : De petits travaux simples, comme la peinture ou la restauration d'éléments esthétiques, sont réalisés dès que nécessaire. Cela contribue à prolonger la durée de vie de la maison, grâce à son propriétaire qui assure toujours l'entretien.

Le niveau de confort intérieur selon les saisons : Le patio couvert sert de bouclier efficace contre le soleil et le froid, assurant ainsi un niveau de confort intérieur constant en hiver. Cependant, en été, l'exposition directe du plancher au rayonnement solaire crée un espace chauffé, entraînant une instabilité du confort intérieur et obligeant à recourir à des solutions actives, comme un climatiseur, pour maintenir le confort.

L'utilisation d'un patio à toit ouvrant dans cette maison permet de réguler efficacement la température intérieure, maximisant le confort en toutes saisons. Il offre une ventilation naturelle



01 Frigidaires

05 démodulateurs

01 pompe à eau

01 machines à laver



01 cuisinières

01 micro-ondes

03 plasmas

1 TV



01 climatiseurs

01 congélateur

Figure 106. Les appareils électroniques utilisés dans cette maison. Source : Auteurs et une protection contre les intempéries, tout en conservant le charme architectural.

Classement DPE (diagnostic de performance énergétique) / classe énergétique

La classe énergétique d'une maison est un indicateur fiable de sa performance énergétique. Ce système de notation des biens immobiliers est réparti en 7 classes, de la lettre A à G, et permet d'anticiper le montant des futures consommations et factures d'énergie.

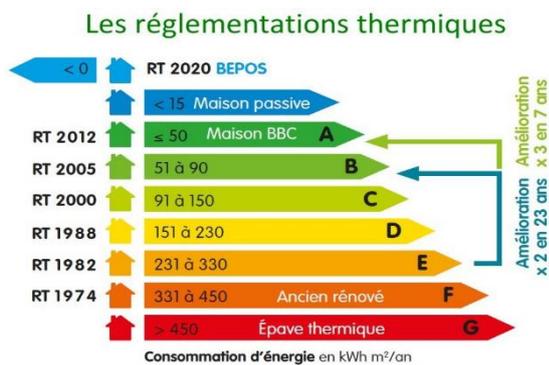
Pour calculer et définir la classe énergétique de Dar El-Zeman, nous avons collecté les factures d'électricité sur quatre trimestres (les factures sont disponibles en annexe) afin de déterminer la consommation annuelle de la maison en kWh.

Cette maison comporte un seul compteur d'électricité et un autre au niveau du magasin pour l'espace culinaire. Après avoir additionné la consommation annuelle (électricité annuelle en kWh), nous avons calculé l'indicateur de performance énergétique (IPE) et utilisé le tableau du label BBC rénovation « basse consommation » pour déterminer le niveau de classement de cette maison.

Le tableau du calcul de l'indicateur de performance énergétique

CONSOMMATION ANNUELLE			
ELECTRICITE	Conteur de la maison	$T_1+T_2+T_3+T_4= 1175+650+1309+1930=5064$ KWH	8197 KWH
	Conteur d'espace culinaire	$T_1+T_2+T_3+T_4=750+875+1025+642=3292$ KWH	

Pour calculer l'indicateur de performance énergétique (IPE)= consommation annuelle / LA SURFACE HABITABLE DE LA MAISON= $8356/190=44$ KWH/m².ans



Selon le label BBC rénovation « basse consommation », la maison située au niveau de classement A, à cause du chiffre IPE inférieur à 50

3. Guidance Wheel : Outil d'aide à la décision pour une réhabilitation responsable

La « Guidance Wheel » propose 72 interventions possibles pour la réhabilitation énergétique d'un bâtiment ancien. (**Guidance Wheel : Outil d'aide à la décision pour une réhabilitation responsable, 2022**). Cette méthode d'évaluation, basée sur un principe de risques et avantages, aide à choisir les interventions en soulignant leurs avantages, inconvénients et interrelations. Chaque intervention vise à réduire la consommation énergétique.

Avant d'utiliser la Guidance Wheel, il est recommandé de réaliser un diagnostic du bâtiment afin de déterminer ses caractéristiques principales, son état et d'autres éléments requis dans le menu "Contexte" de l'outil. Ce menu contient plusieurs caractéristiques distinctives de la construction : la valeur patrimoniale du bâtiment, la zone climatique, l'implantation du bâtiment, le type de matériau des murs, l'état du bâti, les sources d'humidité et même l'usage énergétique.

Chaque intervention présente des avantages et soulève des problématiques techniques, patrimoniales ou énergétiques. Les points de vigilance liés à chaque intervention sont évalués et représentés par quatre couleurs, allant du vert (point de vigilance mineur) au rouge foncé (point de vigilance majeur).

The image shows a web interface for the Guidance Wheel tool. On the left, there is a form titled 'Contexte du bâtiment' with several sections: 'Protection patrimoniale' (Building of interest), 'Zone climatique' (Continental), 'Implantation du bâtiment' (Independent house), and 'Type de matériau des murs' (Stone). On the right, there is a 'Légende' section with a color-coded key for vigilance points: green for minor, yellow for moderate, orange for important, and red for major. Below the legend, there are two categories: 'Interaction' (blue) and 'Interface' (brown).

Figure 107. Contexte et légende de site. *Source :* <https://responsible-retrofit.org/greenwheel-fr/>

Après avoir déterminé la nature du bâtiment, la roue propose plusieurs catégories d'interventions (murs, plancher haut, plancher bas, etc.). Chaque catégorie contient diverses interventions de réhabilitation énergétique, accompagnées de leur définition et du degré d'impact en termes de critères énergétiques, patrimoniaux et techniques.

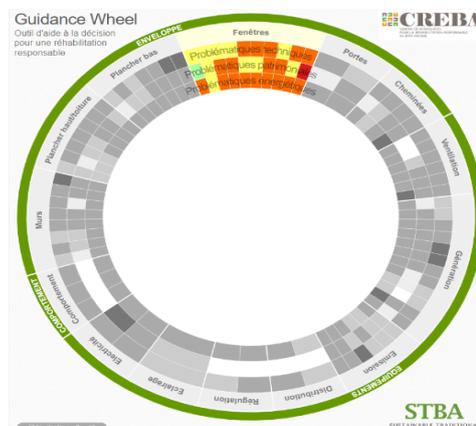


Figure 108. Les catégories d'interventions. *Source :* <https://responsible-retrofit.org/greenwheel-fr/>

Cela peut nous aider par la suite à déterminer les meilleures interventions pour réaliser une réhabilitation efficace en utilisant des simulations basées sur le principe des risques et avantages. Après avoir sélectionné les interventions dans une catégorie donnée, un autre outil distinctif de cette méthode est les flèches indiquant d'autres mesures. Ces flèches représentent les liens existants entre les interventions, pouvant être des interfaces (jonctions physiques entre deux interventions) ou des interactions (conséquences d'une intervention sur une autre). On peut donc suivre cette méthode, ou choisir les meilleures interventions en passant d'une catégorie à une autre.

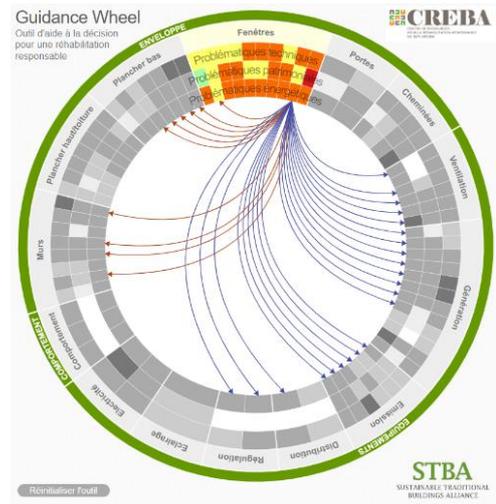


Figure 109. Les liens existants entre les interventions. Source : <https://responsible-retrofit.org/greenwheel-fr/>

Pour aller plus loin : après avoir sélectionné une intervention, l'outil fournit des informations supplémentaires sur les avantages et les problématiques afin de mieux comprendre les points de vigilance. Il propose également des actions à prendre en compte. Après avoir finalisé le choix des interventions, l'outil génère un rapport détaillé contenant toutes les informations sur les recommandations choisies.

Fenêtres

Mise en place de protections solaires à l'extérieur

Mise en place de protections solaires à l'extérieur.

AJOUTER AU BOUQUET FERMER L'INTERVENTION

Avantages

7 Problématiques techniques

3 Problématiques patrimoniales

10 Problématiques énergétiques

Interventions liées

- 7 Problématiques techniques
- Entretien et maintenance (modéré)
 - Suivi et repérage des dysfonctionnements (modéré)
 - Opportunités de réalisation (modéré)
 - Intervention techniquement complexe (mineur)
 - Travaux induits (mineur)
 - Problèmes liés à l'humidité (mineur)
 - Respect du code de la construction (mineur)
- 3 Problématiques patrimoniales
- Perte d'éléments patrimoniaux à l'extérieur (important)
 - Cohérence patrimoniale des éléments neufs (important)
 - Respect du code de l'urbanisme et du code du patrimoine (important)

The screenshot shows the software interface with a sidebar on the left, a central wheel, and a main content area displaying a detailed report for the 'Fenêtres' intervention. The report includes sections for 'Avantages', 'Problématiques techniques', 'Problématiques patrimoniales', and 'Problématiques énergétiques', each with a color-coded bar and a list of specific issues or benefits.

Figure 110. Les informations supplémentaires sur les avantages et les problématiques. Source : <https://responsible-retrofit.org/green wheel-fr/>

Pour notre cas d'étude, nous avons utilisé cet outil pour sélectionner les meilleures interventions et recommandations de manière générale, facilitant ainsi le processus de réhabilitation. Il permet de réaliser une simulation réaliste des conditions futures du bâtiment, tout en identifiant les problématiques et les avantages de chaque intervention. Il est donc crucial de choisir les meilleures interventions de chaque catégorie pour assurer une fluidité dans les travaux de réhabilitation énergétique. Ce choix doit être basé sur le type de vigilance aux trois niveaux : énergétique, patrimonial et technique (palette des couleurs allant du vert au rouge).

Interventions et Recommandations pour la Réhabilitation Énergétique de Dar Farchoukh				
Catégorie	Intervention	Technique	Patrimonial	Energétique
Murs	Restauration des murs			
	Correction thermique des murs par l'intérieur			
	Correction thermique des murs par l'extérieur			
	Isolation des murs par l'intérieur (ITI)			
	Isolation d'un mur creux			
	Isolation des murs par l'extérieur (ITE)			
Plancher haut/toiture	Restauration du plancher haut ou de la toiture			
	Isolation du plancher haut par le dessus			
	Isolation du plancher haut par le dessous			
	Isolation de la toiture-terrasse par l'extérieur			
	Remplacement par un plancher haut ou une toiture isolée			
Fenêtres	Restauration des fenêtres et/ou des volets			
	Mise en place de protections solaires à l'intérieur			
	Mise en place de protections solaires à l'extérieur			
	Mise en place de survitrage sur le vitrage existant			
	Remplacement par un vitrage plus performant			
	Remplacement par des fenêtres plus performantes			
	Mise en place de doubles-fenêtres à l'intérieur			
	Mise en place de doubles-fenêtres à l'extérieur			
Eclairage	Amélioration de l'éclairage par installation d'ampoules basse consommation			
Ventilation	Ventilation par ouverture des fenêtres et patio			
	Installation d'un système de ventilation naturelle assistée (VNA)			
	Installation d'une ventilation mécanique répartie (VMR)			
	Installation d'une ventilation mécanique contrôlée (VMC) simple flux			
	Installation d'une ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux			

Tableau 7. Les interventions et recommandations pour la réhabilitation énergétique. Source : <https://responsible-retrofit.org/green-wheel-fr/>

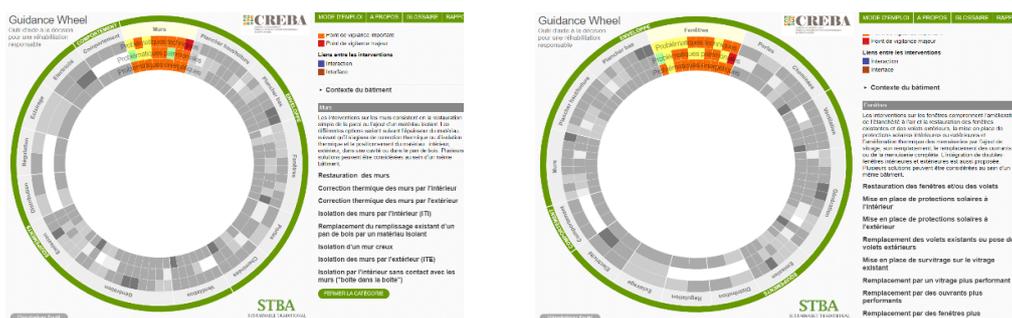


Figure 111. La rose des interventions. Source : <https://responsible-retrofit.org/green-wheel-fr/>

4. Simulation du confort Thermique

4.1. Choix des logiciels et outils de simulation

DesignBuilder est un logiciel convivial de modélisation thermique et de bâtiment offrant divers paramètres de performance environnementale. Il permet d'obtenir les caractéristiques des matériaux, isolants, vitrages et systèmes CVC, ainsi que les températures opératives et les besoins énergétiques annuels. Grâce à des simulations dynamiques, il fournit des données sur le confort, le bilan thermique et la ventilation. La modélisation 3D réaliste et les assistants de création simplifient la conception et la gestion des bâtiments, incluant la gestion de l'occupation, de la ventilation mécanique, des ouvertures de fenêtres, de l'occultation des baies et des apports internes par planning paramétrable selon le type de jour, les mois et les heures. (Designbuilder,2019).

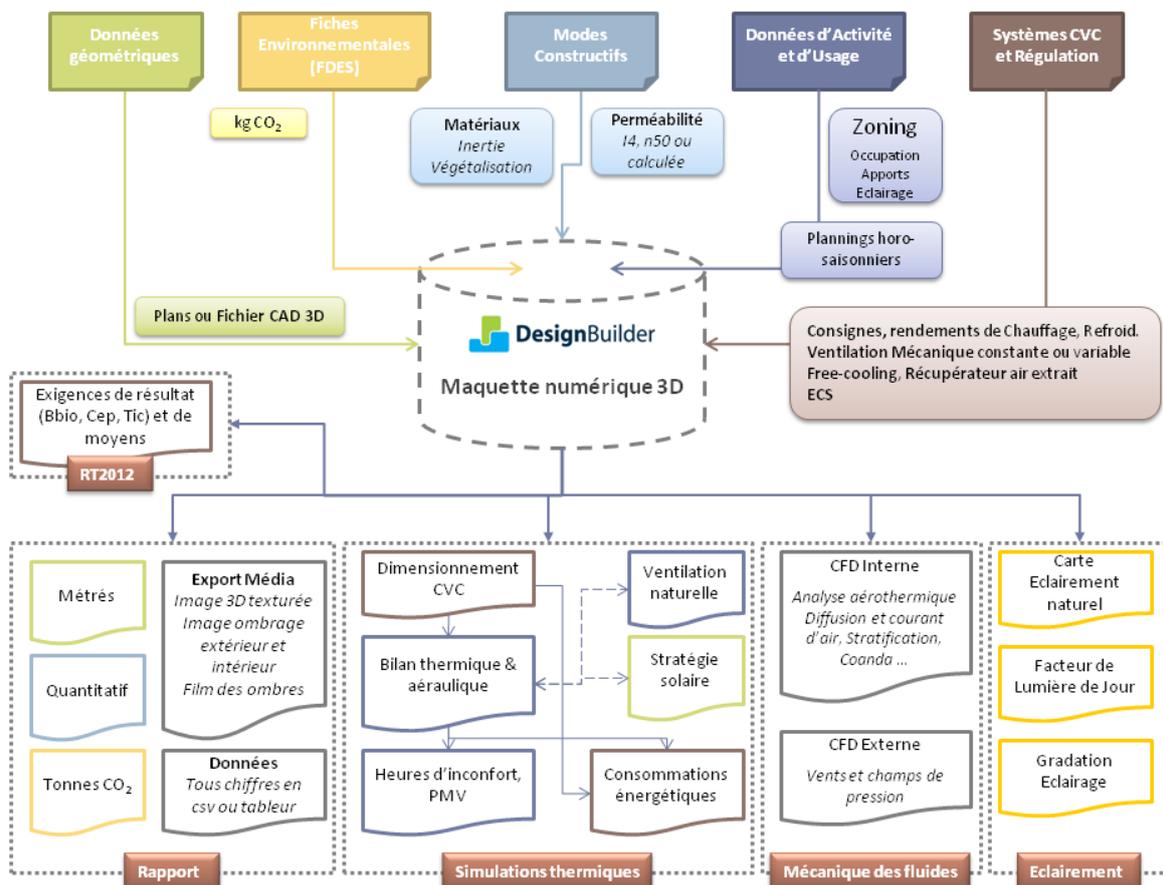


Figure 112. Fonctionnalité du logiciel DesignBuilder, source : www.batisim.net

4.2. Méthodologie travail

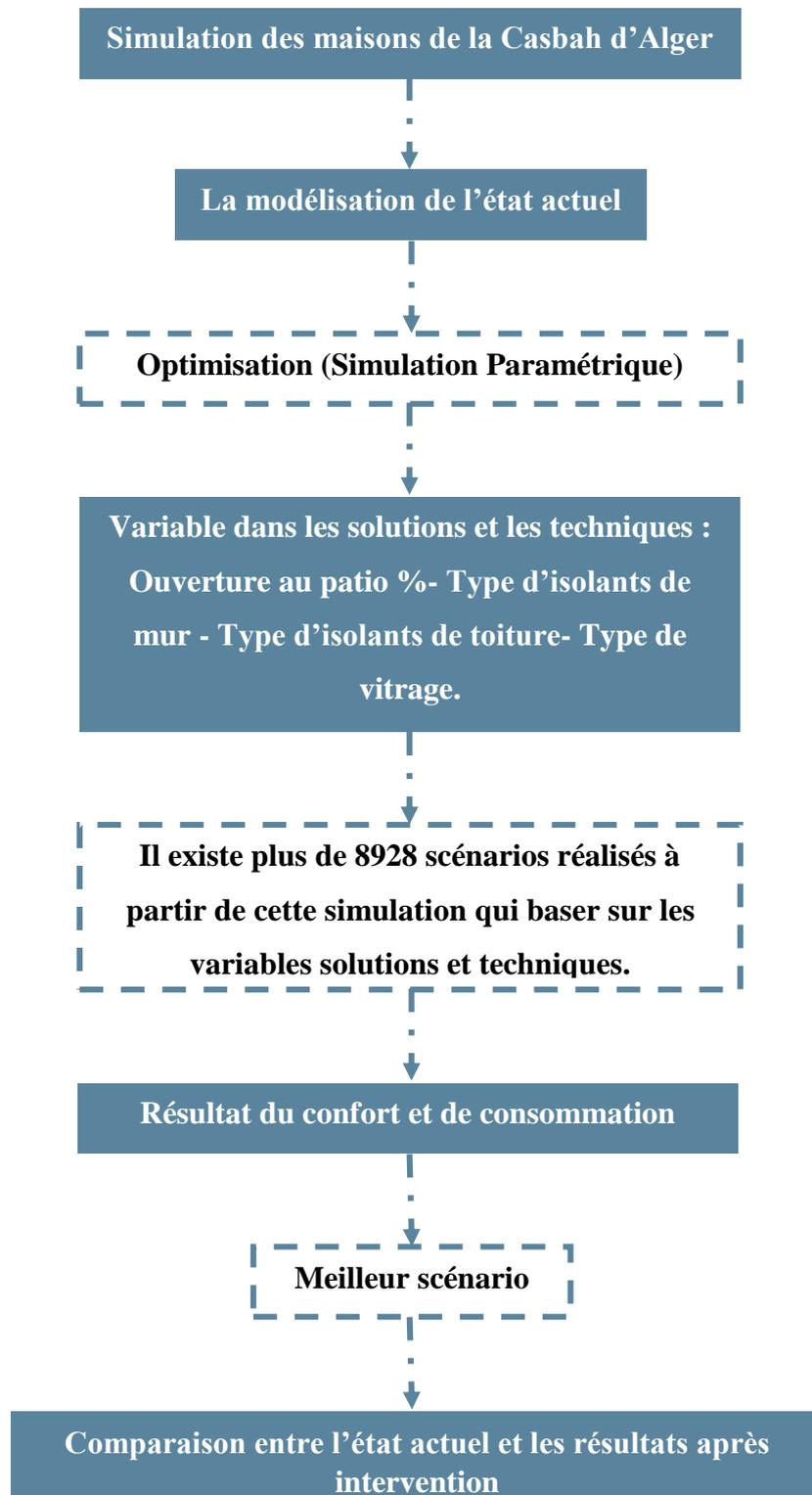


Figure 113. Méthodologie de travail de simulation, [source : auteurs.](#)

4.3. L'optimisation (Simulation Paramétrique)

L'optimisation est une technique visant à rechercher et identifier les options de conception qui répondent le mieux aux principaux objectifs de performance. Cette méthode est similaire à l'analyse paramétrique, couramment utilisée pour évaluer la variation des performances de conception en fonction des modifications de la configuration du bâtiment, souvent illustrée par des courbes de conception.

Dans DesignBuilder, des algorithmes génétiques (GA), également appelés algorithmes évolutionnaires (EA), sont utilisés pour rechercher de manière plus efficace des solutions de conception optimales par rapport à l'analyse paramétrique, surtout lorsque de nombreuses variables sont impliquées. DesignBuilder permet d'inclure jusqu'à 10 variables de conception dans l'analyse, combinées avec jusqu'à 2 objectifs, tels que "minimiser les émissions de carbone" et "minimiser l'inconfort". (**Designbuilder, 2024**)

4.4. Variables de la conception

- **Ouverture au patio %** : de 20% à 80%.
- **Type d'isolants de mur** : isolant aérogel, enduit chaux et chanvre, isolant de chanvre, isolant liège expansé, isolants en fibre de bois.
- **Type d'isolants de toiture** : Toit cellulose, toit chaux chanvre, toit fibres de bois, toit laine de bois, toit laine de chanvre, toit de laine de mouton, toit liège expansé, toit polystyrène avec différents épaisseurs (4,6,8,10,12,14,16 cm).
- **Type de vitrage** : Triple vitrage à faible émissivité, double vitrage à faible émissivité, double vitrage à faible émissivité teinté.

4.5. Présentation du cas simulé :

4.5.1. Dar Farchoukh, située au numéro 17 de la rue des Abderames

La simulation a été faite sur la maison Farchoukh et cela pour sa forte consommation en énergie et les problèmes de confort, ce dernier est composé de 3 niveaux. Le premier niveau comporte 2 BYOUT, Bit saboune et 2 magasins. Le 2^{ème} niveau comporte 3 GHROUF, Bit saboune et le dernier étage comporte 2 Manzah et cuisine.

4.5.1.1. La modélisation de l'état actuel

Mois	Jan	Feb	mar	apr	may	Jun	July	aug	sept	oct	nov	dec
Température d'air(°C)	15,97	16,42	18,54	19,92	22,18	25,6	27,43	27,25	24,72	22,64	18,77	16,36
Température radiante (°C)	16,34	16,73	18,76	20,14	22,27	25,73	27,57	27,39	24,87	22,75	19	16,66
Température opérature (°C)	16,16	16,57	17,6	20,03	22,22	26,5	27,5	27,32	24,8	22,69	17,89	16,51
Température sèche air extérieur(°C)	9,62	10,66	13,81	15,57	20,29	26,6	29,32	28,73	23,79	20,5	13,69	10,69
Humidité relative (%)	52,03	51,64	51,46	52,17	54,45	51,15	50,95	53,03	55,78	56,88	54,99	56,16

Tableau 8. Tableau des résultats du confort thermiques de l'état actuel, *source : Designbuilder traité par auteurs*

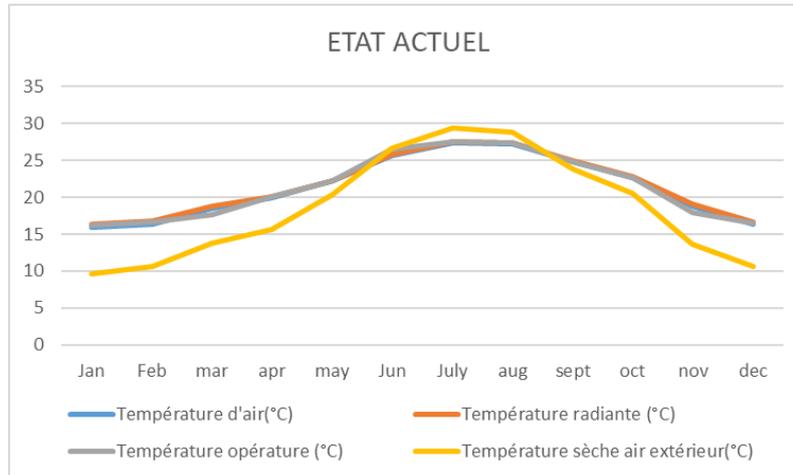


Figure 114. Diagramme des résultats du confort thermiques de l'état actuel, *source : Designbuilder traité par auteurs*, D'après les résultats ci-dessous, nous avons 3 périodes :

- La période de confort : La température varie entre 20,03°C et 24,8°C, elle concerne 4 mois : Avril, May, Septembre et Octobre.
- La période de sous-chauffe : la température varie entre 16,16°C et 17,89°C, elle concerne 5 mois : Janvier, Février, Mars, Novembre et décembre.
- La période de surchauffe : la température varie entre 26,5°C et 27,5°C, elle concerne 3 mois : Juin, Juillet, Aout.

4.5.1.2. Résultat et interprétation

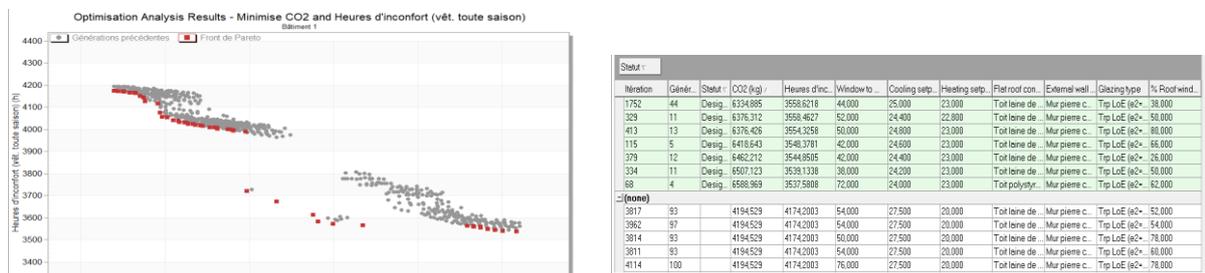


Figure 115. Résultat de la simulation paramétrique (Optimisation). *Source : Designbuilder traité par auteurs*

Plus de 8928 scénarios ont été générés à partir de cette simulation, en se basant sur diverses solutions et techniques. Parmi ces résultats, nous avons sélectionné le meilleur scénario en termes de confort, de bien-être et d'efficacité énergétique.

- **Meilleur Scénario :**

Fenêtre au mur %	72%
Ouverture au patio %	62 %
Type d'isolants de mur	Isolant liège expansé
Type d'isolants de toiture	Polystyrène extrudé
Type de vitrage	Double vitrage à faible émissivité teinté



Figure 117. Isolant liège expansé



Figure 118. Polystyrène extrudé et Double vitrage à faible émissivité teinté

Mois	Jan	Feb	mar	apr	may	Jun	July	aug	sept	oct	nov	dec
Température d'air(°C)	18,45	18,69	19,94	20,84	22,3	25,01	26,32	26,05	24,06	22,47	19,99	18,61
Température radiante (°C)	18,2	18,47	19,83	20,83	22,35	25,16	26,48	26,2	24,19	22,51	19,86	18,36
Température opérature (°C)	18,33	18,58	19,98	20,84	22,32	25,09	26,4	26,13	24,13	22,49	19,93	19,48
Température sèche air extérieur(°C)	9,62	10,66	13,81	15,57	20,29	25,75	29,32	28,73	23,79	20,5	13,69	10,69
Humidité relative (%)	58,52	55,22	55,36	56,46	60,62	62,84	60,27	63,59	65,45	66,82	63,75	65,37
PMV(%)	-0,35	-0,33	-0,05	-0,83	-0,45	0,43	0,93	0,79	0,05	0,41	-0,05	-0,36

Tableau 9. Tableau des résultats du confort thermiques de meilleur scénario, *source : Designbuilder traité par auteurs*

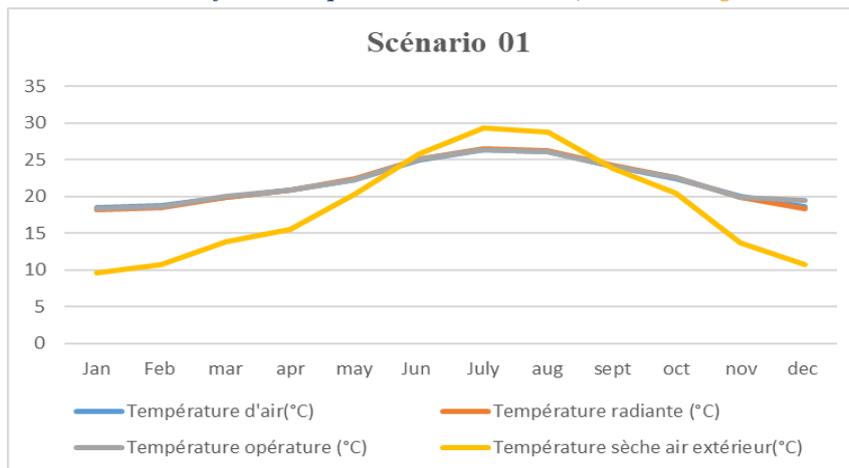


Figure 116. Diagramme des résultats du confort thermiques de meilleur scénario, *source : Designbuilder traité par auteurs.*

D'après les résultats ci-dessous, il y a une seule période de confort tout au long de l'année, avec une température variant entre 18,33°C et 26,4°C. Ce résultat est obtenu grâce à l'utilisation de solutions passives, qui assurent le bien-être tout en réduisant la consommation énergétique. (Voir le Tableau).

- **Comparaison entre l'état actuel et les résultats après intervention**

Température sèche air extérieur(°C)	9,62	10,66	13,81	15,57	20,29	25,75	29,32	28,73	23,79	20,5	13,69	10,69
Température opérature (°C) Avant	18,33	18,58	19,98	20,84	22,32	25,09	26,4	26,13	24,13	22,49	19,93	19,48
Température opérature (°C) Après	16,16	16,57	17,6	20,03	22,22	26,5	27,5	27,32	24,8	22,69	17,89	16,51

Tableau 10. la comparaison entre état actuel et après intervention., *source : Designbuilder traité par auteurs.*

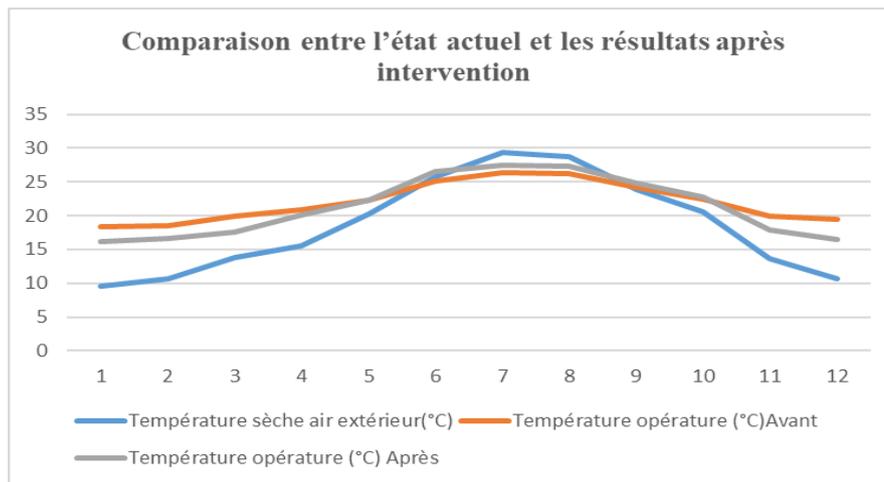


Figure 119. Diagramme de comparaison entre état actuel et après intervention. *Source : Designbuilder traité par auteurs.*

Ce scénario assure à cette maison un bon confort thermique et un bien-être stable tout au long de l'année, sans recours à des systèmes actifs. Ces solutions contribuent également de manière significative à la réduction de la consommation énergétique de la maison.

- **La consommation énergétique de maison**

Après simulation de la consommation énergétique d'état actuel de la maison voici les résultats obtenus : **17787 KWH** comme une consommation énergétique totale et annuelle et avec un IPE de **76.81 KWH/m²** qui donne une situation au niveau de **classement B**, à cause du chiffre IPE limité entre 51 et 90.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	17786.94	76.81	77.68
Net Site Energy	17786.94	76.81	77.68
Total Source Energy	54050.60	233.42	236.04
Net Source Energy	54050.60	233.42	236.04

Figure 120. la consommation énergétique d'état actuel de la maison. *Source : Auteurs*

Après simulation de la consommation énergétique du meilleur scénario voici les résultats obtenus : **11061 KWH** comme une consommation énergétique totale et annuelle et avec un IPE de **44,60 KWH/m²** qui donne une situation au niveau de classement A, à cause du chiffre IPE inférieur à 50.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m ²]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m ²]
Total Site Energy	11061.61	44.60	72.21
Net Site Energy	11061.61	44.60	72.21
Total Source Energy	32160.82	129.67	209.96
Net Source Energy	32160.82	129.67	209.96

Figure 121. la consommation énergétique du meilleur scénario. *Source : Auteurs*

4.5.2. Dar El-Zman, située au maison N 02 de la rue Kadi Said

La simulation a été réalisée sur la maison Dar El-Zman pour analyser les problèmes de confort et la consommation énergétique élevée due aux nouvelles extensions. Cette maison, composée de deux niveaux, présente les caractéristiques suivantes : le premier niveau comprend deux BYOUT, une cuisine, un Bit Saboune et deux magasins, tandis que le deuxième niveau comprend trois GHROUF et un Bit Saboune.

4.5.2.1. La modélisation de l'état actuel

Mois	Jan	Feb	mar	apr	may	Jun	July	aug	sept	oct	nov	dec
Température d'air(°C)	13,95	14,28	17,53	19,73	22,53	26,98	29,31	29,18	26,31	23,52	17,87	14,37
Température radiante (°C)	14,22	14,49	17,8	20,07	22,89	27,71	30,18	30,04	26,94	23,88	18,16	14,58
Température opérature (°C)	14,08	14,39	17,67	19,9	22,71	27,34	29,75	29,61	26,62	23,7	17,01	14,47
Température sèche air extérieur(°C)	9,62	10,66	13,81	15,57	20,29	25,75	29,32	28,73	23,79	20,5	13,69	10,69
Humidité relative (%)	57	56,8	52,52	50,83	51,71	45,39	43,65	45,45	49,41	52,48	56,02	61,45

Tableau 11. Tableau des résultats du confort thermiques de l'état actuel, [source : Designbuilder traité par auteurs](#)

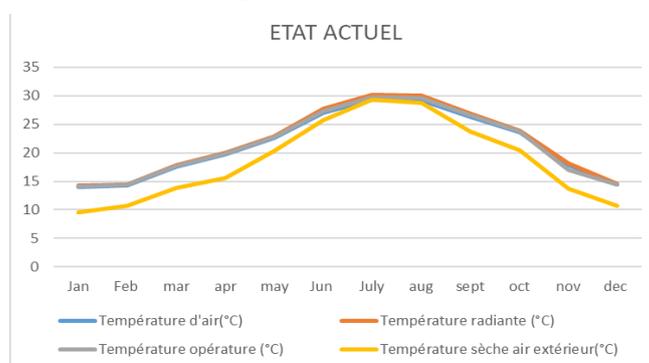


Figure 122. Diagramme des résultats du confort thermiques de l'état actuel, [source : Designbuilder traité par auteurs](#).

D'après les résultats ci-dessous, nous avons 3 périodes :

- La période de confort : La température varie entre 19,9°C et 26.62°C, elle concerne 4 mois : Avril, May, Septembre et Octobre.
- La période de sous-chauffe : la température varie entre 14,08°C et 17,67°C, elle concerne 5 mois : Janvier, Février, Mars, Novembre et décembre.
- La période de surchauffe : la température varie entre 27,34°C et 29,75°C, elle concerne 3 mois : Juin, Juillet, Aout.

4.5.2.2. Résultat et interprétation



Figure 123. Résultat du simulation paramétrique (Optimisation). [Source : Designbuilder traité par auteurs](#)

Plus de 8928 scénarios ont été générés à partir de cette simulation, en se basant sur diverses solutions et techniques. Parmi ces résultats, nous avons sélectionné le meilleur scénario en termes de confort, de bien-être et d'efficacité énergétique.

Meilleur Scénario :

Fenêtre au mur %	42%
Ouverture au patio %	46 %
Type d'isolants de mur	Isolant liège expansé
Type d'isolants de toiture	Laine de bois
Type de vitrage	Double vitrage à faible émissivité teinté



Figure 126. Figure. Laine de bois et Double vitrage à faible émissivité teinté



Figure 125. Isolant liège expansé

Mois	Jan	Feb	mar	apr	may	Jun	July	aug	sept	oct	nov	dec
Température d'air(°C)	17,89	17,97	18,17	19,31	20,96	23,65	24,96	24,99	23,49	21,99	18,59	16,55
Température radiante (°C)	18,4	18,45	18,5	19,61	21	23,75	25,06	25,11	23,61	22,06	18,95	17,58
Température opérature (°C)	18,14	18,21	18,33	19,46	20,98	23,7	25,01	25,05	23,55	22,02	18,77	17,06
Température sèche air extérieur(°C)	9,62	10,66	13,81	15,57	20,29	25,75	29,32	28,73	23,79	20,5	13,69	10,69
Humidité relative (%)	49,22	49,71	50,51	52,08	56,82	55,07	55,89	57,67	58,18	57,79	53,69	53,72

Tableau 12. Tableau des résultats du confort thermiques de meilleur scénario, [source : Designbuilder traité par auteurs](#)

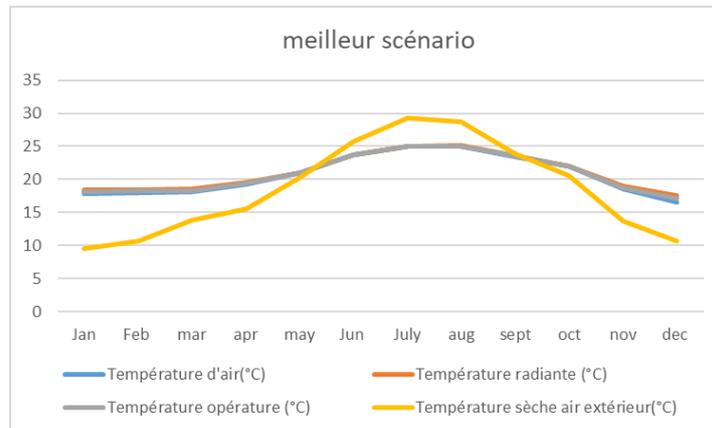


Figure 124. Diagramme des résultats du confort thermiques de meilleur scénario, [source : Designbuilder traité par auteurs](#)

D'après les résultats ci-dessous, il y a 2 périodes : une de confort qui représente 11 mois, avec une température variante entre 18,14°C et 25,05°C. Ce résultat est obtenu grâce à l'utilisation de solutions passives, qui assurent le bien-être tout en réduisant la consommation énergétique. (Voir le Tableau).

- **Comparaison entre l'état actuel et les résultats après intervention**

Température sèche air extérieur(°C)	9,62	10,66	13,81	15,57	20,29	25,75	29,32	28,73	23,79	20,5	13,69	10,69
Température opérature (°C)Avant	14,08	14,39	17,67	19,9	22,71	27,34	29,75	29,61	26,62	23,7	17,01	14,47
Température opérature (°C)Après	18,14	18,21	18,33	19,46	20,98	23,7	25,01	25,05	23,55	22,02	18,77	17,06

Tableau 13.la comparaison entre état actuel et après intervention., [source : Designbuilder traité par auteurs.](#)

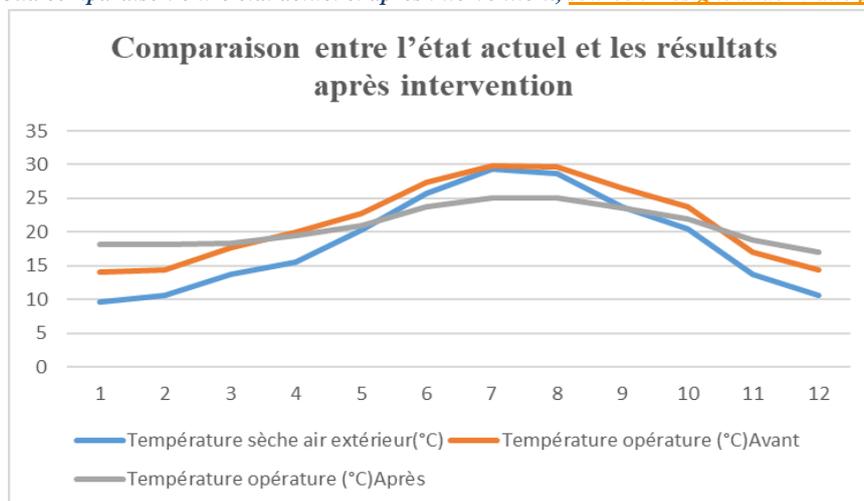


Figure 127.Diagramme de comparaison entre état actuel et après intervention. [Source : Designbuilder traité par auteurs.](#)

Ce scénario assure à cette maison un bon confort thermique et un bien-être stable presque tout au long de l'année, sans recours à des systèmes actifs. Ces solutions contribuent également de manière significative à la réduction de la consommation énergétique de la maison.

- **La consommation énergétique de maison**

Après simulation de la consommation énergétique d'état actuel de la maison voici les résultat Obtenu : **7631KWH** comme une consommation énergétique totale et annuelle et avec un IPE de **40 KWH/m²** qui donner une situation au niveau de **classement A**, à cause du chiffre IPE inférieur à 50.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	7631.17	39.25	124.96
Net Site Energy	7631.17	39.25	124.96
Total Source Energy	11469.99	59.00	187.81
Net Source Energy	11469.99	59.00	187.81

Figure 128.la consommation énergétique d'état actuel de la maison. [Source : Auteurs](#)

Après simulation de la consommation énergétique du meilleur scénario voici les résultat Obtenu : **3589 KWH** comme une consommation énergétique totale et annuelle et avec un IPE de **26.23 KWH/m²** qui donner une situation au niveau de classement presque **maison passive**, à cause du chiffre IPE inférieur à 25.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	3589.20	26.23	48.96
Net Site Energy	3589.20	26.23	48.96
Total Source Energy	6688.53	48.89	91.24
Net Source Energy	6688.53	48.89	91.24

Figure 129.la consommation énergétique du meilleur scénario. [Source : Auteurs](#)

Conclusion de chapitre 04

En conclusion, dans ce chapitre, nous avons appliqué les différents concepts et techniques étudiés dans le chapitre précédent, en tenant compte des données spécifiques obtenues dans nos analyses. Notre projet représente une réhabilitation énergétique parfaitement étudiée et durable, grâce à l'application de concepts bioclimatiques et de techniques passives à l'échelle du bâti, ainsi qu'au choix des matériaux et isolants utilisés. Les résultats obtenus par le logiciel de simulation confirment que nous avons réussi à garantir un confort optimal à l'intérieur de la maison et à réduire les besoins en consommation énergétique grâce à l'utilisation d'isolants au niveau des murs, des toitures et des ouvertures. En somme, nous avons accompli une réhabilitation énergétique réussie, réalisant un confort thermique optimal et une efficacité énergétique pour la maison.

Conclusion Générale

Dans ce mémoire, nous avons travaillé sur la Casbah d'Alger pour développer l'expérience touristique de ce musée à ciel ouvert tout en répondant aux besoins des habitants. Notre objectif principal est d'assurer le confort et le bien-être des résidents en mettant en valeur la réhabilitation énergétique comme solution majeure pour réduire la consommation d'énergie, en appliquant les concepts et principes de la réhabilitation thermique.

Nous avons réalisé une étude urbaine de la Casbah, basée sur plusieurs analyses et approches (historique, typo-morphologique, sensorielle, et classement des équipements). Cette étude nous a permis d'identifier les principes directeurs pour une stratégie d'intervention urbaine, conçue comme un parcours touristique englobant toute la Casbah.

Selon la problématique exposée dans notre mémoire, nous avons élaboré trois hypothèses qui ont été confirmées par notre travail. Ce parcours vise à revitaliser la Casbah en valorisant son riche patrimoine historique et culturel, tout en dynamisant l'économie locale. Il constitue également un pôle historique et touristique destiné à attirer et inciter les gens à découvrir la Casbah. Les différentes séquences du parcours sont soutenues par des modifications et des actions qui l'animent : espaces verts, espaces de détente, espaces culinaires, ateliers d'artisanat, musées, et diverses scènes qui racontent l'histoire unique de chaque ruelle.

En nous concentrant sur deux types de maisons repères, nous avons mis en avant le confort et le bien-être à travers des techniques de réhabilitation énergétique visant à réduire la consommation énergétique tout en maintenant un confort optimal. Notre travail a confirmé que cette intervention architecturale et énergétique, axée sur la réduction de la consommation et le confort, peut être réalisée principalement par des stratégies passives plutôt qu'actives.

Parallèlement, nous avons mené des recherches thématiques, étudié des exemples et effectué des visites sur le terrain pour recueillir des données et mener des investigations sur les maisons. Cela nous a permis d'utiliser des techniques et solutions précises pour la réhabilitation énergétique des maisons patrimoniales. Nos simulations ont montré que la demande énergétique et le confort de l'espace dépendent des méthodes d'isolation (enveloppe extérieure de la maison) et du pourcentage de ventilation naturelle, crucial en raison de la typologie à patio de ces maisons.

La création d'un parcours touristique dans une médina historique peut transformer l'expérience touristique en apportant une nouvelle vision qui favorise le tourisme durable et contribue à

l'amélioration de l'économie nationale, en valorisant le développement du pays. Parallèlement, la réhabilitation énergétique constitue une solution optimale pour préserver la Casbah, ce patrimoine mondial, en garantissant le confort et le bien-être des habitants tout en réduisant la consommation d'énergie grâce à l'utilisation de systèmes et solutions passifs. Bien que cela reste un postulat, la vérification ne serait possible qu'après la réalisation. Nous espérons avoir l'opportunité de mettre en œuvre des projets similaires au cours de notre carrière d'architecte

BIBLIOGRAPHIE

1- OUVRAGES :

- **Alain Viaro, Arlette Ziegler, 1983**, « habitat traditionnel dans le monde éléments pour une approche », UNESCO, p. 5.
 - **Alex Mucchielli, 2009**, « L'identité », éd QUE SAIS JE, France.
 - **Amos Rapoport, 1972**, « Pour une anthropologie de la maison », éd Dunod, Paris.
 - **Nara, 1994**, Annexe II du Document rédigé à la conférence de Nara sur l'Authenticité dans le cadre de la convention du patrimoine mondial tenue à Nara au Japon du 1 au 6 novembre 1994.
 - **Benjamin Mouton, 2018**, « Sens et renaissances du patrimoine architectural », Editions des cendres, Cité de l'architecture et du patrimoine.
 - **Bruno Peuportier, Patrick Schalbart, 2022**, « L'apport des technologies en matière de simulation numérique », éd revue Annales des Mines.
 - **Carole-Anne Sénit, 2015**, « L'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel », éd Eyrolles.
 - **Catherine Charlot-Valdieu et Philippe Outrequin, 2018**, « Réhabilitation énergétique des logements », éd le moniteur, Paris.
 - **Charlot-valdieu, Catherine et Outrequin Philippe, 2011**, « la réhabilitation énergétique des logements », éd Le Moniteur, Paris, p11.
 - **Christian Norberg-Sculz, 2017**, « Genius loci : paysage, ambiance, architecture », éd Mardaga, Bruxelles.
 - **Collectif Artémis, 2006**, « Nouveaux concepts de rénovations », traduit de l'allemand, Chamalières, France.
 - **Emmanuel Di Giacomo, 2021**, « PROCESSUS BIM : REMETTRE L'ARCHITECTE AU CENTRE DU PROJET », éd Autodesk, Etats-Unis.
 - **G. Alexandroff et J.M. Alexandroff, 1982**, « Architectures et climats : Soleil et Energies Naturelles dans l'Habitat », éd Berger-Levrault, Boulogne-Billancourt
 - **Jean Lock, 1998**, « Identité et Différence, éd bilingue », England.
 - **Joffroy Pascale, 1999**, « la réhabilitation des bâtiments : conserver. Améliorer. Restructurer les logements et les équipements », éd le moniteur, Paris.
 - **Kevin Lynch, 1999**, L'image de La Cité, éd Dunod, tiré du site web : <https://fr.scribd.com/document/460510517/L-image-de-la-cite-kevin-lynch-pdf>
 - **M. Prats, Jean-Pierre Thibault, 2003**, « Qu'est-ce que l'esprit des lieux », France.
 - **Marc Deschamps, 2011**, « Réussir un projet de Bâtiment Basse Consommation », éd Effinergie, Paris, p 16
 - **MERLIN Pierre, CHOAY Françoise, 2009**, « Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement », coll. « Quadriga », 2e éd, Puf, Paris, p.797.
 - **N. Fezzioui, B. Droui, M. Benyamine, S. Larbi, 2008**, « Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud algérien », Alger, p 25.
 - **N. Kohler, 2009**, « Economic analysis of energy-saving renovation measures for urban existing residential buildings in China based on thermal simulation and site investigation », China, pp140.
 - **Nicolas Moutsopoulos, 1985**, « l'architecture vernaculaire », Unesco, Paris.
-

- **Parinaz Motealleh, Maryam Zolfaghari,2016**, “Investigating climate responsive solutions in vernacular architecture of Bushehr city”, HBRC Journal, Iran.
- **Portail national de ressources -éduscol,2017**, “Interventions sur le patrimoine bâti – IPB », France
- **S. Bronchart, J. Rixen– M. Bourgeois,2010**, “Rénover en basse consommation”, éd l'Inédite, France, p39.
- **Salma Salah El-Essawy, Adham M. Hany Abulnour,2018**, “Quantifier l'identité de la ville : une analyse morphologique de la rue Rosette historique”.
- **Saurav Koirala,2021**, “cultural context in architecture », p 24.
- **Watson D & Camous R,1986**, « L’habitat bioclimatique : de la conception à la construction », éd L’Etincelle, Québec, Page 156
- **Zohreh Torabi et Sara Brahman, 2013**, “Effective factors in shaping the identity of architecture”, éd IDOSI Publications.
- **Olena REMIZOVA,2020**, “Mémoire architecturale et formes de son existence », p :97.

2- THESES ET MEMOIRES

- **Benchekroun Marwa,2019**, L’impact des transformations coloniales et post coloniales sur le confort hygrothermique du patrimoine résidentiel ottoman d’Alger, Thèse de doctorat, université Saad Dahleb Blida, (mémoire non publié).
- **MAMMERI Nawel et MANSOURI Asma, 2017**, La réhabilitation énergétique du patrimoine bâti, mémoire de master, Université Abderrahmane Mira – Bejaia, <https://www.univ-bejaia.dz/xmlui/handle/123456789/3107>.
- **SAOUD Roumaissa,2018**, “L’identité de l’architecture locale et les enjeux de la durabilité”, », thèse mémoire master 2, Université Larbi Tébéssi – Tébéssa, p 11, <http://dSPACE.univ-tebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/6619>.
- **Selatnia Mohamed Tayeb,2015**, “l’image urbaine ; identité et histoire”, thèse mémoire master 2, université larbi tebessi – tebessa, <http://dSPACE.univtebessa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/6455>

3- ARTICLES ET PUBLICATIONS

- **Abdelaziz Djerad, 2020, Plan de relance économique 2020-2024.**, [Data file], Available at : <https://faolex.fao.org/docs/pdf/alg215565.pdf> / Consulté le : Octobre 2023.
 - **Agence internationale de l'énergie, 2023**, Système énergétique du bâtiment, [Data file], Available at : <https://www.iea.org/energy-system/buildings/> Consulté le : Octobre 2023
 - **CORPUS EUROMED, Xavier Casanova et méthode RehabiMed, 2017**, architecture traditionnelle méditerranéenne, Réhabilitation ville et territoire, programme financé par l’union européenne, Barcelone, tiré du site web <http://openarchive.icomos.org/1397/1/Methode%20Rehabimed.%20I%20Rehabilitation%20Ville%20et%20territoire.pdf> , Consulté le Mars 2024.
 - **CREBA, 2022**, “La Charte de la réhabilitation responsable du bâti ancien », tiré du site web : https://www.rehabilitation-batancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2023/11/Creba_charte_rehabilitation-051023-Bdef_A4.pdf .
 - Définition culture-dictionnaire Larousse
 - **Directrice exécutive du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE),2020** ; Les émissions du secteur du bâtiment, [Data file], Available at : <https://www.unep.org/fr/actualites-et-recits/communiquer-de-presse/les-emissions-du-secteur-du-batiment-ont-atteint-un/> Consulté le : Octobre 2023.
-

- **PPSMVSS, 2017**, plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur des secteurs sauvegardés, OGEBC/ consulté en juin 2019, Alger.
- **Programme d'appui au secteur des énergies renouvelables, principalement électriques, et de l'efficacité énergétique en Algérie (TAKA NADIFA),2019**, [Data file], Available at : <http://paeree.dz/>, Consulté le : Octobre 2023
- **Rapport réalisé par Nomadeis,2012**, « Bâti vernaculaire et développement urbain durable », Paris.
- **Thermi Fluides, Sylvie Amselem et Nobatek,2010**, « Le bâti ancien, le patrimoine et l'énergie », Ed ALEC Grenoble, », tiré du site web : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf
- **Yassine Ouagueni, 2018**, « rétrospective et actualité de la réhabilitation » (en ALGÉRIE), PDF, tiré du site web : <https://openarchive.icomos.org/id/eprint/1401/7/Yassine.pdf> , p 64-65.

4- SITES WEB

- **CEBATEC : Experts en ingénierie fluides et BIM, 2014**, Le BIM c'est quoi ? <https://www.adoptelebim.com>, Consulté le : Octobre 2023
- **Designbuilder,2019**, [Data file], Available at: <https://www.designbuildermaroc.com/product.html>, Consulté le Avril 2024.
- **EUROPEAN COMMISSION,2010**, Compatible solutions for improving the energy efficiency of historic buildings in urban areas, [Data file], Available at: <http://www.3encult.eu/en/casestudies/default.html#CS01/> Consulté le: Janvier 2024.
- **Graitec,2023**, Insight, [Data file], Available at :<https://graitec.com/fr/products/insight/> , Consulté le : Décembre 2023.
- **Guidance Wheel : Outil d'aide à la décision pour une réhabilitation responsable,2022**, CREBA, [Data file], Available at : <https://responsible-retrofit.org/greenwheel-fr/>, Consulté le Avril 2024.
- **Novam Ingenierie,2019**, « Le BIM expliqué en 4 points », [Data file], Available at : <https://blog.novam-ingenierie.com/le-bim-explique-en-4-points/> , Consulté le : Décembre 2023.
- **SINIAT,2024**, Building Information Modeling (BIM), [Data file], Available at: <https://www.siniat.fr/fr-fr/services-et-outils/bim/definition-bim/>, /Consulté le: Octobre 2023
- **The institution of Structural Engineers BIM Panel, 2021**, “An introduction to Building Information Modelling(BIM)”, [Data file], Available at : https://www.istructe.org/IStructE/media/Public/An_introduction_to_Building_Information_Modelling_BIM.pdf?ssp=1&setlang=fr-XL&safesearch=moderate
- **ZW FRANCE,2022**, « BIM & Rénovation Énergétique : une collaboration précieuse », [Data file], Available at : <https://archline.fr/bim-renovation-energetique-une-collaboration-precieuse/?ssp=1&setlang=fr-XL&safesearch=moderate> / Consulté le : Décembre 2023.

5- REPORTAGES

- **Chloé DOMAT, Vincent ROUX, Miyuki DROZ-ARAMAKI, 04 Octobre 2019**, France 24, Algérie : la Casbah, gardienne de la mémoire d'Alger, Consulté le décembre 2023

Liste des figures

Figure 1. Musée royal de l'Ontario, Toronto. Source : https://journals.openedition.org/crau/412	15
Figure 2. La ville de Gembloux et la ville de Hafency à Hambourg Germany. Source : https://abes-online.com/fr/guides/urbanisme-developpement-urbain-et-identite/	15
Figure 3. architecture vernaculaire en Algérie. Source : https://voirenvrai.nantes.archi.fr/?p=7885	17
Figure 4. Les différentes d'intervention sur le patrimoine bâti. Source : auteurs	20
Figure 5. La réhabilitation énergétique. Source : https://www.usinenouvelle.com/article/l-industrie-au-secours-de-la-renovation-energetique.N985274	21
Figure 6. Les Objectifs de réhabilitation énergétique des constructions existants. Source : https://edito.seloger.com/rubrique/renovation-energetique	22
Figure 7. Les ponts thermiques dans un bâtiment. Source : http://www.notreconstructionpassive.be/habitat-passif/principes-du-concept-passif/	23
Figure 8. L'effet de paroi froide. Source : https://www.ecosources.org/inertie-thermique	23
Figure 9. Le confort thermique d'été. Source : https://architecture-bynature.com/design-principes/ .	25
Figure 10. Le confort thermique d'été. Source : https://architecture-bynature.com/design-principes/25	25
Figure 11. Système d'isolation thermique par l'intérieur. Source : https://ad-energie.com/services/isolation-des-murs-interieurs/	26
Figure 12. Système d'isolation thermique par l'extérieur. Source : https://azaneo.com/isolation-par-lexterieur-avantages-techniques-et-etapes-de-realisation/	26
Figure 13 . Approche responsable de la réhabilitation énergétique des bâtiments anciens. Source : Auteurs à partie du La Charte de la réhabilitation responsable du bâti ancien.....	28
Figure 14. Guidance Wheel : Outil d'aide à la décision pour une réhabilitation responsable. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/guidance-wheel	30
Figure 15. Les murs des bâtiments anciens. Source : https://www.middleeasteye.net/fr/reports/algerie-casbah-alger-patrimoine-restauration-ruines-unesco	33
Figure 16. Le système de recouvrement : plancher et coupoles des bâtis anciens. Source : https://www.mahdiaridjphotography.com/casbah-alger-photos/	33
Figure 17. Les menuiseries extérieures des bâtis anciens. Source : https://www.flickr.com/photos/144330620@N04/33858038420	34
Figure 18. Les méthodes d'isolation des murs. Source : https://www.sitesetmonuments.org/loi-transition-energetique-demande-des-associations-en-matiere-d-isolation-par-l-exterieur-cmp	35
Figure 19. Des photos représentent les techniques d'isolations des plancher et des terrasses. Sources : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf	37
Figure 20. La pose d'une deuxième fenêtre. Source : https://www.fenetre24.com/info/types-de-fenêtres/double-fenetre.php	38
Figure 21. Le changement complet de la menuiserie. Source : https://eben.fr/conseils/pose-de-fenêtres-les-etapes-dune-renovation-reussie.html	38
Figure 22. Le remplacement des vitrages avec la conservation de cadre. Source : https://www.systemed.fr/menuiserie-interieure/double-vitrage-renovation-sur-fenetre-bois_5066.html	38
Figure 23. Fermeture de la cour intérieure avec une verrière. Source : https://www.tripadvisor.fr/LocationPhotoDirectLink-g293735-d9708224-i208816053-Ryad_Dar_Al_Meknassia-Meknes_Fes_Meknes.html	38
Figure 24. L'ajout de fenêtres dans la cage d'escalier. Source : http://panier-des-envies.fr/fenêtres-de-toit/97-fenêtres-de-toit-velux-integra-r-2.html	38
Figure 25. Chaudière à condensation au gaz. Source : https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/chaudiere-gaz-condensation/chaudiere-murale	39

Figure 26. Les radiateurs à panneaux rayonnants. Source : https://heatzy.com/blog/12/9/2017/bien-choisir-son-radiateur-lectrique-	39
Figure 27. Programmation/ régulation par fil pilote. Source : https://tutoriels.domotique-store.fr/content/62/545/fr/fr/domotiser-ses-radiateurs-electriques-avec-fil-pilotes.html	39
Figure 28. Ventilation naturelle. Source : https://www.roto-fenêtres-de-toit.fr/particulier/fenêtres-roto/avantages	40
Figure 29. Ventilation naturelle. Source : https://www.roto-fenêtres-de-toit.fr/particulier/fenêtres-roto/avantages	40
Figure 30. Utilisation des panneaux solaires. Source : https://www.efficycle.fr/dualsun-le-premier-panneau-solaire-hybride-a-haut-rendement/	40
Figure 31. Le BIM: Building Information Modeling. Source : https://www.kairnial.com/fr/blog/bim/d%C3%A9mocratisons-lusage-du-bim	41
Figure 32. Les avantages de BIM. Source : https://biblus.accasoftware.com/fr/pourquoi-le-bim-est-il-utile-pour-la-maitrise-douvrage/	42
Figure 33. Utilisation de BIM dans la réhabilitation énergétique. Source : https://awa-engineering.com/bim.html	43
Figure 34. Outil Insight de Revit. Source : https://www.youtube.com/playlist?app=desktop&list=PLY-ggSrSwbZqxj8cx3lgp9b3uDkTsYSy_	43
Figure 35. Les fonctions d’Outil Insight. Source: https://www.autodesk.fr/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/FRA/How-is-PV-Energy-Production-calculated-when-using-Insight-in-Revit.html	44
Figure 36. Une image qui représente la diversité et la richesse de la ville d’Alger. Source : Auteurs... 47	47
Figure 37. Une image qui représente la diversité et la richesse de la ville d’Alger. Source : Auteurs... 47	47
Figure 38. Une image qui représente la diversité et la richesse de la ville d’Alger. Source : Auteurs... 47	47
Figure 39. Une image qui représente la diversité et la richesse de la ville d’Alger. Source : Auteurs... 47	47
Figure 40. Situation de la ville d’Alger. Source : Auteurs.....	48
Figure 41. Une illustration représentant l’identité de la Casbah d’Alger. Source : Auteurs.....	49
Figure 42. Carte représente Situation et accessibilité de la Casbah d’Alger. Source : Auteurs.....	49
Figure 43. Carte représente les stations du transport publique. Source : Auteurs.....	50
Figure 44. Carte représente la période phénicienne. Source : PPSMVS traité par auteurs.....	52
Figure 45. Cartes représente la période romaine. Source : PPSMVSS traité par auteurs.....	52
Figure 46. Cartes représente la période Arabo-berbère. Source : PPSMVSS traité par auteurs.....	53
Figure 47. Carte représente la Période ottomane. Source : PPSMVSS traité par auteurs.....	53
Figure 48. Carte représente la période coloniale. Source : PPSMVSS traité par auteurs.....	54
Figure 49. La combinaison entre l’étude de la morphologie urbaine et la typologie architecturale. Source : Auteurs.....	54
Figure 50. Carte représente le système bâti. Source : PPSMVSS traité par auteurs.	55
Figure 51. Carte représente le système viaire. Source : PPSMVSS par auteurs.	55
Figure 52. Carte représente le système parcellaire. Source : PPSMVSS traité par auteurs.	56
Figure 53. Carte représente la typologie des bâtiments. Source : PPSMVSS traitée par auteurs.....	56
Figure 54. Carte représente les voies piétonnes et mécaniques. Source : PPSMVSS traitée par auteurs.	57
Figure 55. Hiérarchisation des voies dans la haute Casbah. Source : PPSMVSS traitée par auteurs. ...	57
Figure 56. Carte représente les limites de la Casbah. Source : auteurs.....	58
Figure 57. Carte représente les nœuds stratégiques de la Casbah d’Alger. Source : Auteurs.....	58
Figure 58. Carte représente les points de repères. Source : PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.	59

Figure 59. Carte représente les magasins culinaires. Source : PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.	60
Figure 60. Carte représente les magasins d'artisanats. Source : PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.	61
Figure 61. Carte représente les mosquées. Source : PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.	62
Figure 62. Carte représente Les équipements culturels. Source : PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs	63
Figure 63. Cartes représentes les Ayouns. Source : PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs	64
Figure 64. Carte représente les réseaux de la collecte des déchets. Source : PPSMVSS / Google earth traitée par auteurs.	65
Figure 65. Diagramme qui représente l'insolation au Casbah d'Alger. Source : meteonorm	66
Figure 66. Diagramme qui représente la la précipitation Casbah d'Alger. Source : meteonorm.....	66
Figure 67. Diagramme qui représente la température au Casbah d'Alger. Source : meteonorm.....	66
Figure 68. La rose des vents durant l'année. Source : Meteonorm.....	66
Figure 69. Diagramme de Radar qui représente la comparaison entre la ville et la wilaya. Source : Auteurs	67
Figure 70. Diagramme GIVONI pour La Casbah durant l'été. Source : Climate consultant/meteonorm	67
Figure 71. Diagramme GIVONI pour La Casbah durant l'hiver. Source : Climate consultant/meteonorm.....	67
Figure 72. Les éléments ressortis selon l'approche AFOM. Source : Auteurs.....	68
Figure 73. Action mobilité et accessibilité. Source : Auteurs	69
Figure 74. Action d'aménagement urbaine. Source : Auteurs	69
Figure 75. Action de structure fonctionnelle. Source : Auteurs	70
Figure 76. influence des approche urbaines à la création de parcours touristique. Source : Auteurs	71
Figure 77. Le résultat du parcours (promenade de la Casbah d'Alger). Source : Auteurs.....	73
Figure 78. Les séquences de promenade de la Casbah d'Alger. Source : Auteurs	74
Figure 79. Plan d'aménagement : (plan de circuit touristique avec les interventions urbaine). Source : Auteurs	78
Figure 80. La zone homogène N°2 « Tissu Traditionnel »	80
Figure 81. Les trois types de maisons. Source : Auteurs.....	82
Figure 82. Les types des modifications	86
Figure 83. La zone homogène N 02 et L'intérieur de la maison.....	86
Figure 84. L'emplacement de la maison au différent niveau.....	91
Figure 85. Le relevé de la maison. Source : Auteurs.....	91
Figure 86. Les types des ouvertures. Source : auteurs	92
Figure 87. Les éléments de la maison. Source : Auteurs.....	92
Figure 88. Système constructif de la maison. Source : Auteurs	92
Figure 89. Programme et organigramme de RDC. Source : Auteurs	93
Figure 90. Programme et organigramme de R+1. Source : Auteurs	94
Figure 91. Programme et organigramme de R+2. Source : Auteurs	94
Figure 92. Les causes de la consommation énergétique. Source : Auteurs.....	95
Figure 93. Les appareils électroniques utilisés dans cette maison. Source : Auteurs.....	96
Figure 94. L'intérieur de la maison.....	99
Figure 95. La zone homogène N 02	99
Figure 96. Les modifications au niveau de la maison. Source : Auteurs.....	99
Figure 97. L'emplacement de la maison au différent niveau. Source : Auteurs.	104
Figure 98. Le relevé de la maison. Source : Auteurs.....	105

Figure 99.L'intérieur de la maison. Source : Auteurs.....	105
Figure 100. Les éléments de la maison. Source : Auteurs.....	105
Figure 101.Système constructif de la maison. Source : Auteurs	106
Figure 102.Programme et organigramme de RDC. Source : Auteurs	107
Figure 103.Programme et organigramme de RDC. Source : Auteurs	107
Figure 104.Programme et organigramme de Terrasse. Source : Auteurs.....	107
Figure 105.Les causes de la consommation énergétique. Source : Auteurs.....	108
Figure 106.Les appareils électroniques utilisés dans cette maison. Source : Auteurs.....	109
Figure 107.Contexte et légende de site. Source : https://responsible-retrofit.org/greenwheel-fr/	111
Figure 108. Les catégories d'interventions. Source : https://responsible-retrofit.org/green wheel-fr/	111
Figure 109.Les liens existants entre les interventions. Source : https://responsible-retrofit.org/greenwheel-fr/	112
Figure 110.Les informations supplémentaires sur les avantages et les problématiques. Source : https://responsible-retrofit.org/green wheel-fr/	112
Figure 111. La rose des interventions. Source : https://responsible-retrofit.org/green wheel-fr/	113
Figure 112.Fonctionnalité du logiciel DesignBuilder, source : www.batisim.net	114
Figure 113.Méthodologie de travail de simulation, source : auteurs.....	115
Figure 114. Diagramme des résultats du confort thermiques de l'état actuel, source : Designbuilder traité par auteurs,	117
Figure 115.Résultat du simulation paramétrique (Optimisation). Source : Designbuilder traité par auteurs	117
Figure 116.Diagramme des résultats du confort thermiques de meilleur scénario, source : Designbuilder traité par auteurs,	118
Figure 117.Isolant liège expansé	118
Figure 118.Polystyrène extrudé et Double vitrage à faible émissivité teinté	118
Figure 119. Diagramme de comparaison entre état actuel et après intervention. Source : Designbuilder traité par auteurs,	119
Figure 120.la consommation énergétique d'état actuel de la maison. Source : Auteurs	119
Figure 121.la consommation énergétique du meilleur scénario. Source : Auteurs	119
Figure 122.Diagramme des résultats du confort thermiques de l'état actuel, source : Designbuilder traité par auteurs,	120
Figure 123.Résultat du simulation paramétrique (Optimisation). Source : Designbuilder traité par auteurs	120
Figure 124.Diagramme des résultats du confort thermiques de meilleur scénario, source : Designbuilder traité par auteurs	121
Figure 125.Isolant liège expansé	121
Figure 126.Figure. Laine de bois et Double vitrage à faible émissivité teinté	121
Figure 127.Diagramme de comparaison entre état actuel et après intervention. Source : Designbuilder traité par auteurs,	122
Figure 128.la consommation énergétique d'état actuel de la maison. Source : Auteurs	122
Figure 129.la consommation énergétique du meilleur scénario. Source : Auteurs	122

Liste des tableaux

Tableau 1.Des tableaux et des photos représentent les types isolations des murs extérieur et intérieur. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf	36
Tableau 2.Des tableaux représentent les types isolations des murs extérieur et intérieur. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf	37
Tableau 3.Des tableaux et des photos représentent Interventions sur les menuiseries extérieures. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf	38
Tableau 4.Des tableaux représentent les systèmes de chauffage. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf	39
Tableau 5.Des tableaux représentent les systèmes de ventilation. Source :	40
Tableau 6. Des tableaux représentent les systèmes d'énergie solaire. Source : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/025_Recommandation_patrim_Ville_Grenoble.pdf	41
Tableau 7.Les interventions et recommandations pour la réhabilitation énergétique. Source : https://responsible-retrofit.org/green wheel-fr/	113
Tableau 8.Tableau des résultats du confort thermiques de l'état actuel, source : Designbuilder traité par auteurs	117
Tableau 9.Tableau des résultats du confort thermiques de meilleur scénario, source : Designbuilder traité par auteurs	118
Tableau 10.la comparaison entre état actuel et après intervention., source : Designbuilder traité par auteurs,	118
Tableau 11.Tableau des résultats du confort thermiques de l'état actuel, source : Designbuilder traité par auteurs	120
Tableau 12.Tableau des résultats du confort thermiques de meilleur scénario, source : Designbuilder traité par auteurs	121
Tableau 13.la comparaison entre état actuel et après intervention., source : Designbuilder traité par auteurs,	122

ANNEXES

ANALYSE DES EXEMPLES :

Cette cinquième partie de notre mémoire vise à acquérir les connaissances et les outils nécessaires pour appréhender les techniques et les étapes de la réhabilitation énergétique dans un contexte historique. Cette exploration se fera à travers l'examen approfondi et l'analyse de cas concrets de projets existants. Nous examinerons les caractéristiques, les éléments, les solutions et les techniques déployées dans des projets architecturaux de référence. L'analyse des exemples se concentrera sur divers aspects, notamment l'état initial du bâtiment, les problèmes rencontrés, l'état actuel du bâtiment, les performances thermiques, ainsi que les solutions et techniques d'isolation, en mettant particulièrement l'accent sur les bâtiments anciens, ainsi que sur les systèmes de chauffage et de ventilation.

Dans cette étude, nous avons sélectionné deux exemples (**EUROPEAN COMMISSION,2010**) comme base d'analyse (et de soutien pour notre intervention dans les bâtiments de la Casbah d'Alger. Ce choix d'exemples est directement influencé par plusieurs critères, tels que la typologie et l'état du bâti, les matériaux de construction, les problèmes énergétiques rencontrés par le bâtiment, ainsi que la zone climatique, Tout ça pour le but de déterminer les meilleures solutions exploitables pour notre projet. Voir tableau ci-dessous.

Public Weigh House

Bolzano (Italie)



The Material Court of the Fortress,

Copenhagen (Denmark)



Description du projet

Le bâtiment est un exemple représentatif du parc immobilier du Moyen Age dans le centre historique de Bolzano. Il est qualifié comme bâtiment d'intérêt historique et architectural dans le Code de réglementation de la construction urbaine et

La cour matérielle de la forteresse est un exemple typique de l'histoire de l'architecture et de l'art, il fait partie du récit de la transition de Copenhague d'une ville fortifiée à une ville moderne. Il se compose de quatre bâtiments très différents. Celui qui a été analysé est le

n'admet donc que interventions bâtiment no 4. Le bâtiment no 4 a la forme d'un respectueuses de réhabilitation et rectangle d'une longueur de 51 mètres, d'une d'entretien. largeur de 10,5 m et d'une hauteur de 7,5 m du sol aux avant-toits.

Date de construction

XIIIe siècle : Première phase de construction 1768, étendue : 1819 et 1889

Style architectural

Arcade médiévale (Laubenhäuser)

Néo classicisme

Typologie du bâtiment

Immeuble résidentiel urbain

Cour matérielle de la forteresse

Usage actuel

Actuellement, le bâtiment est Stockage, logement et bureau complètement inhabité, mais avant il est utilisé le rez-de-chaussée pour le commerce, les sous-sols pour le stockage des marchandises et les appartements dans les étages supérieurs.

Usage prévu à l'avenir

Le rez-de-chaussée reste des magasins ; les Bureaux étages supérieurs à des fins culturelles. Après une réhabilitation architecturale et énergétique complète, le bâtiment devrait devenir « maison de la photographie ».

Matériaux de construction

Construction en pierre naturelle et mortier Brique construite avec un toit en bois, peut-être de chaux avec plâtre de chaux, plafonds en de vieilles colonnes de bois dans le mur central bois et construction de toit en bois. porteur.

État général de conservation

Le bâtiment est dans un état corrélatif Le bâtiment est dans un état bien - après une considérant qu'il n'est pas utilisé depuis restauration et une réhabilitation presque tant d'années : problèmes d'humidité et de terminée. moisissure, écaillage des couches de

peinture partiellement endommagé et fenêtres qui fuient, système électrique et de chauffage désuet et la pollution des façades, des fenêtres par les déjections de pigeons.

Problèmes du bâtiment en ce qui concerne humidité

Humidité relative élevée dans les sous-sols, risque de croissance de moisissures sur les parties faibles de l'enveloppe comme la fenêtre le révèle. Des traces de moisissures se forment sur les surfaces intérieures de la baie et sur le côté intérieur du mur sud du « pont ». L'humidité dans les murs intérieurs du dernier étage et le plafond du deuxième étage / dernier étage en raison probablement d'une rupture de tuyau.

Consommation d'énergie élevée et pour régler ce problème il existe plusieurs solutions envisagées : nouveau vitrage secondaire revêtu, meilleure épaisseur du bâtiment, refroidissement par recirculation mécanique de l'air dans les pièces, refroidissement où le surplus de chaleur est disposé à l'air extérieur, production décentralisée d'eau par les services publics.

Zone climatique

Climat continental tempéré/climat continental humide	Zone climatique: Climat tempéré côtier
Vitesse moyenne du vent : 9,5 m/s	Altitude: 5 m au-dessus du niveau de la mer
Direction du vent dominant : Sud / Sud-Est	Vitesse moyenne du vent : 5,7 m/s
	Direction du vent dominant : Ouest
	Température en hiver: 0,5 °C
	Température en été: 16 °C
	Humidité en hiver: 95%
	Humidité en été: 70%

1^{ère} EXEMPLE: PUBLIC WEIGH HOUSE

Situation géographique



Emplacement et accessibilité Le bâtiment est situé dans une zone "à accès limité", nécessitant une autorisation pour les véhicules du site, avec des restrictions d'accès en raison de routes étroites.

Solutions architecturales selon le climat local

Proportions des immeubles : Le rapport surface-volume affecte la demande de chauffage des bâtiments, notamment faible dans les maisons d'arcade en rangée. Par exemple, une maison d'arcade de $L=4\text{m}$, $P=50\text{m}$ et $H=4$ étages à un rapport S/V d'environ $0,11\text{ m}^2/\text{m}^3$. Ce rapport plus bas implique une surface de transfert de chaleur réduite pour le même volume, diminuant ainsi les pertes de chaleur par transmission

Les Atriums (Patios) : La profondeur de presque toutes les maisons à arcades est interrompue par deux ou trois patios. Dans ces atriums se trouvent les escaliers et les passages ouverts. Les patios ont deux



fonctions : d'une part, ils fournissent les espaces situés à l'intérieur du bâtiment avec la lumière du jour, d'autre part, ils assurent l'évacuation de l'air chaud de l'intérieur du bâtiment pendant les mois d'été et alimentent les pièces internes en air frais. L'atrium est voûté sur la hauteur du toit pour protéger l'intérieur de la cour contre la pluie directe. La voûte est ouverte sur le côté de l'incidence du vent (direction sud), pour assurer un certain refroidissement à des températures estivales élevées.

Les caves : Vers la rue, les maisons à arcades ont jusqu'à trois sous-sols, à l'arrière du bâtiment, il n'y en a qu'un. Les étages du sous-sol sont comme une extension de l'atelier au rez-de-chaussée. Ils servaient de magasin pour entreposer des marchandises. Les murs de la cave sont construits en maçonnerie de pierre naturelle et de mortier de chaux, et non en plâtre. Les fondations reposent directement sur le sol.

Organisation/utilisation de la salle aux étages supérieurs : Dans les étages supérieurs de la maison principale, il y a des logements et des pièces plus importantes, contre l'atrium, à côté de la cour ouverte voûtée et à arc rond, la cuisine et les pièces secondaires, contre la ruelle les chambres. La maison du milieu et la maison de derrière comprennent sous la cave et les

magazines, au-dessus plus simple et dans la section centrale la plupart du temps des logements assez sombres.

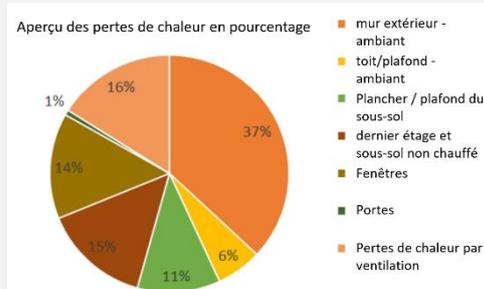
La répartition des fonctions des pièces montre qu'elles sont positionnées en fonction de leur occupation et de leur fréquence d'utilisation : les pièces ayant moins besoin de lumière du jour et les pièces ayant moins de fréquence d'utilisation, par exemple les salles de bains ou les cuisines, sont situées dans la partie intérieure du bâtiment, autour des patios. À l'origine, le dernier étage n'était pas utilisé. L'espace non habité fonctionnait à l'origine comme un tampon thermique.

Les résultats des surveillances **Température** : Les différences moyennes de température entre l'intérieur et l'extérieur varient selon les sous-sols. Les chambres du premier étage, chauffées à l'électricité, atteignent des températures élevées en avril et jusqu'à 30 °C en été, sans systèmes d'ombrage sur les fenêtres. Les températures internes restent constantes grâce à l'inertie thermique des murs en pierre, avec une variation minimale pendant la journée la plus chaude de l'été. Les chambres du deuxième étage, également chauffées électriquement, ont des températures plus élevées en avril et en été en raison d'une exposition accrue au rayonnement solaire, avec des températures constantes tout au long de la journée. Le dernier étage, non chauffé en hiver, présente des fluctuations importantes de température en été en raison des matériaux à faible capacité thermique. La variation maximale se produit pendant la journée la plus chaude de l'été.

Humidité : Le sous-sol présente le taux d'humidité relative le plus élevé à la fois en été et en hiver, principalement en raison de l'absence de ventilation ou de système de chauffage. Les pièces au premier et au deuxième étage ont le taux d'humidité le plus bas en hiver lorsque les radiateurs électriques sont allumés.

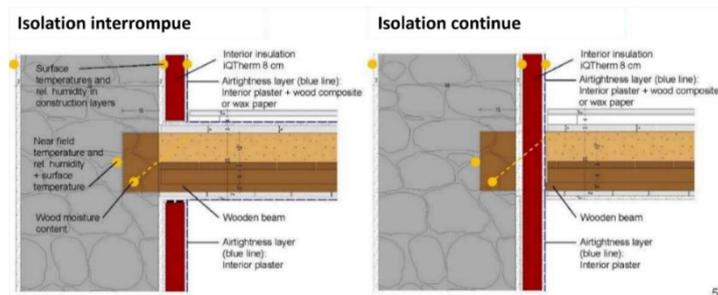
Résultats tirés de l'application du PPSP La demande d'énergie de chauffage du bâtiment (état actuel, y compris le dernier étage), calculée avec le logiciel PHPP (Passive House Planning Package) est de 225 kWh/m²h. En regardant le bilan énergétique du bâtiment et respectivement à la distribution des pertes de chaleur sur l'enveloppe thermique, nous pouvons voir, que la faible résistance

thermique des murs extérieurs provoque avec 38% la plupart des pertes de chaleur. Viennent ensuite les pertes de chaleur de ventilation (19%) et les fenêtres (16%). 22% de la chaleur de transmission est perdue sur la partie isolée du toit, les murs et les plafonds vers la partie non chauffée du toit et le plafond de la passerelle. Le reste est causé par la plaque de base vers le sol et la cave non chauffée ainsi que les portes d'entrée (5%).

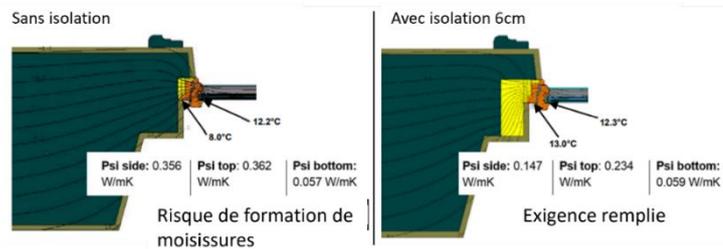


Solutions envisagées

Isolation des parties opaques du bâtiment: L'isolation intérieure de la maison Weigh présente un défi unique en raison de ses sols construits avec des poutres en bois. L'ajout d'un isolant peut abaisser les températures à la surface de la structure, risquant ainsi la condensation à la tête des poutres. Il est crucial d'éviter que l'air chaud et humide ne s'infilte à travers une couche d'isolation mal étudiée, en assurant une connexion étanche entre l'isolant interne et les poutres en bois pour prévenir les ponts thermiques. Pour la Public Weigh House, deux solutions possibles ont été développées, qui sont transférables à des connexions similaires mur / plafond. Les deux exécutions ont été étudiées avec le logiciel Delphin, un programme de simulation pour le transport couplé de chaleur et d'humidité : un cas avec une isolation « **interrompue** » et un autre cas avec l'isolation « **continue** » (voir schéma).



Isolation interrompue : avec avantages : Impact minimal sur la construction du plafond, moins de travail et autres inconvénients : pont thermique dans la zone du plafond, la couche d'étanchéité à l'air peut être interrompue lors de la transition vers la pièce voisine (porte intérieure).



Isolation continue : avec avantages : Moins de pertes de chaleur, couche hermétique continue et autres inconvénients : Connexion poutres en bois / isolation interne, impact plus élevé sur la construction du plafond.

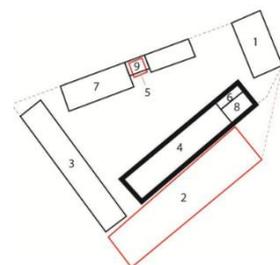
Remplacement/Amélioration des fenêtres et de l'étanchéité de l'immeuble : les fenêtres d'origine du baroque tardif sont renforcées par une seconde couche, tandis que celles des années 1950 doivent être remplacées pour correspondre au contexte historique. Le remplacement réduit l'infiltration d'air, améliorant l'étanchéité du bâtiment. Avec le double ou triple vitrage, les pertes énergétiques peuvent diminuer respectivement de 70% ou 80%, réduisant la demande totale d'énergie jusqu'à 20% grâce à une meilleure performance thermique (10%) et à une étanchéité accrue (10%). Pour optimiser la jonction fenêtre-mur sans isolation interne, une isolation de 4-6 cm est ajoutée autour de la fenêtre pour améliorer les températures de surface.

Isolation du toit ou du plafond des planchers : pour isolation du toit de selle : 25 cm d'isolation ($\lambda = 0,042$), 11 cm entre chevrons, 14 cm en dessous et pour isolation du plafond du sous-sol : 12 cm de perlite dans la structure de la chaussée (ponts thermiques causés par les murs intérieurs).

Installation d'un système de ventilation contrôlée avec récupération de chaleur (efficacité 85%) : pour réduire les pertes de chaleur de ventilation. Installation à l'extérieur de l'enveloppe thermique dans le sous-sol.

2^{ÈME} EXEMPLE: THE MATERIAL COURT OF THE FORTRESS

Situation géographique



Historique du projet La cour matérielle de la forteresse se compose de quatre bâtiments très différents. Celui analysé est le bâtiment n. 4. Il est érigé en 1768 pour

remplacer un ancien entrepôt démoli en 1683 pour laisser place à la brasserie royale, présente un style classique avec deux étages, un toit en croupe et un palan centré sur la façade de la cour. Les niches dans la maçonnerie d'origine ont guidé l'emplacement des futures fenêtres, assurant une uniformité relative. Actuellement, les cheminées ne sont plus utilisées, le chauffage urbain étant en place depuis les années 1940.

Cohérence du bâtiment La construction présente une structure en brique avec un toit en bois, des cloisons internes également en brique et une finition extérieure en plâtre et chaux. Elle comporte 3 étages hors sol et 0 sous-sol. Les chambres sont réparties avec 39 au rez-de-chaussée, 35 au 1^{ère} étage et 27 au 2^{ème} étage. La surface brute totalise 1609,5 m², tandis que la superficie nette est de 1161 m². Le volume chauffé atteint 3162 m³.

Consommation énergétique du bâtiment De 1995 à 2007, des données précises ont été recueillies sur la consommation du bâtiment. Pendant cette période, la consommation annuelle du bâtiment n°4 se décompose comme suit : 97,09 MWh pour le chauffage (83,8 kWh/m²), 71,65 MWh pour l'équipement électrique (61,8 kWh/m²) et 25,20 MWh pour l'éclairage électrique (21,7 kWh/m²).

Valeur architecturale La façade du bâtiment est sobrement plâtrée, ornée d'une simple corniche et peinte en jaune ocre avec des encadrements de fenêtres blancs et un toit couvert de tuiles rouges. Les volets verts au rez-de-chaussée, tournés vers les chrétiens Brygge, ajoutent une touche de couleur. Bien que la façade soit rythmée par la construction basée sur des baies. Les détails intérieurs tels que les portes lambrissées, les poignées de porte en laiton et les fenêtres lambrissées ont une valeur architecturale en raison de leur relation et cohérence avec le contexte global du bâtiment.

Description des interventions L'objectif du projet était de réaliser un travail de réhabilitation avec des interventions visant à réduire la consommation d'énergie des bâtiments. Le projet a été réalisé en tant que processus multidisciplinaire avec des conseillers de différents domaines ; physique du bâtiment, valeur patrimoniale, architecture, consommation d'énergie et émissions de CO₂. Pour rendre le processus plus efficace, les différents partenaires du groupe ont dû se concentrer sur des thèmes liés à leur profession :

Propriétaire de l'immeuble : Incidence sur les possibilités de location.

Autorité du patrimoine : Point de vue de la conservation.

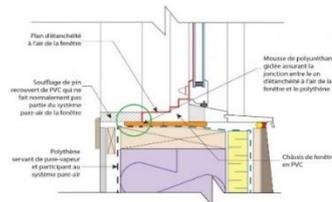
Architectes : Formes, apparence, fonctionnalité et design intérieur

Interventions Nouveau verre enduit dans les cadres intérieurs : Une rénovation

antérieure avait déjà installé un vitrage secondaire aux fenêtres, restreignant les gains d'énergie possibles par rapport aux fenêtres d'origine. Le remplacement des fenêtres était exclu en raison de leurs caractéristiques historiques et architecturales.



Étanchéité accrue du bâtiment : Des joints ont été fixés sur le cadre intérieur de la fenêtre et un nouveau pare-vapeur a été placé dans l'espace sous les avant-toits du grenier. Ces changements ont été effectués en fonction des résultats du test de la porte soufflante.



Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres : Il n'était pas possible d'avoir une ventilation visible ou des plafonds suspendus, en raison des valeurs patrimoniales de l'édifice. Comme les pièces du bâtiment sont relativement petites, la ventilation naturelle était une option, un moyen confortable d'avoir un contrôle individuel dans chaque bureau.

Refroidissement et chauffage avec ventilo-convecteurs : L'objectif de la restauration était d'atteindre un climat intérieur de niveau C conforme à la législation danoise, avec une température estivale cible de 24,5 degrés plus ou moins 2,5 degrés. Les calculs BSim ont révélé des températures intérieures dépassant 27 degrés dans différentes pièces, nécessitant ainsi un système de refroidissement. Des ventilo-convecteurs combinés pour le chauffage et le refroidissement ont été intégrés dans des panneaux de bois



Refroidissement et chauffage avec ventilo-convecteurs



Nouvelle Tuyauterie et câbles sous le plancher

Synthèse de l'analyse des exemples

En conclusion, nous avons analysé deux exemples de réhabilitation énergétique de bâtiments anciens au niveau d'une climat méditerranéen. Le premier exemple, situé dans un milieu complètement inhabité, a présenté des solutions et techniques efficaces pour traiter les problèmes d'humidité, de décollement des couches de peinture et de fuites au niveau des fenêtres. Le deuxième exemple concerne un bâtiment avec des caractéristiques patrimoniales élevées, choisi pour la richesse des solutions adoptées permettant de réhabiliter ce bâtiment sans modifications majeures, tout en assurant le confort et en réduisant la consommation énergétique.

À travers ces exemples, nous avons observé l'application de diverses techniques et solutions de réhabilitation thermique, tout en respectant l'aspect patrimonial. Parmi les dispositifs et techniques passifs utilisés, nous avons noté l'isolation des parties opaques du bâtiment, le remplacement ou l'amélioration des fenêtres et de l'étanchéité, l'isolation du toit ou du plafond des planchers, ainsi que le refroidissement et le chauffage par ventilo-convecteurs. De plus, l'installation d'un système de ventilation contrôlée avec récupération de chaleur, efficace à 85%, s'est révélée particulièrement notable. Pour conclure, les exemples choisis correspondent à nos besoins énergétiques et aux techniques de réhabilitation envisagées pour notre projet. Nous avons ainsi identifié trois types de techniques pour améliorer la qualité énergétique, que nous comptons intégrer dans notre propre projet.

FACTURE D'ELECTRICITE ET GAZ

The image displays three utility bills from the Société Algérienne de l'Électricité et du Gaz (SAGE). Each bill is in French and includes the following information:

- Client Information:** Name, address, and contact details.
- Consumption Data:** Electricity (kWh) and Gas (m³) usage for the period.
- Costs:** Total amount due, including taxes and fees.
- Payment Information:** QR code and bank details for payment.
- Energy Information:** A small bar chart showing consumption trends.

The bills are for the following addresses:

- Top Left:** 17 RUE DES ABDERAMES (Dar FARCHOUKH).
- Top Right:** 02 RUE KADI SAÏD (Dar EL-ZEMAN).
- Bottom:** BOULEVARD BAB EL BHAR (Dar EL-ZEMAN).

Dar FARCHOUKH, La maison N°17 de la rue des Abderames

Dar EL-ZEMAN, la maison N°02 de la rue Kadi Said

PARTIE STARTUP

I. Premier axe : Présentation du projet

1- Idée de projet (solution proposée)

- Nous sommes intéressés par tous les types d'espaces dignes d'intérêt, qu'ils soient touristiques, historiques ou patrimoniaux. Partant de cette vision, nous avons conçu l'idée de développer une application, nommée "WorldConnect", permettant à toute personne éloignée d'accéder et d'explorer ces sites comme si elle y était physiquement, grâce à une expérience virtuelle soigneusement guidée.
- Notre recherche de solution a été motivée par deux problèmes majeurs : le manque de développement touristique en Algérie, dû à un manque d'investissement et d'innovation dans les méthodes de valorisation des visites, et l'impossibilité de voyager librement à travers le monde pour explorer tous les sites historiques et touristiques. Ces défis soulignent l'importance de créer des applications et des outils numériques pour faciliter et enrichir les expériences touristiques, tout en répondant aux contraintes actuelles de déplacement et de promotion touristique.
- WorldConnect, notre startup, révolutionne le tourisme et l'exploration culturelle grâce à une plateforme novatrice de visites virtuelles de sites touristiques et historiques. En réponse aux limitations de voyage et aux défis du sous-développement touristique, particulièrement en Algérie, notre approche immersive permet aux utilisateurs de découvrir des lieux fascinants sans quitter leur domicile. En offrant aux professionnels du tourisme des outils innovants pour promouvoir leurs destinations, WorldConnect transforme la manière dont les gens explorent le monde, tout en contribuant à la valorisation et au développement des régions sous-exploitées.

2-Objectifs du projet

- **Créer des expériences virtuelles immersives** : Développer une plateforme de visites virtuelles de haute qualité qui permettent aux utilisateurs de découvrir des sites touristiques, historiques et patrimoniaux comme s'ils y étaient physiquement présents.
 - **Promouvoir le patrimoine mondial** : Mettre en valeur les richesses culturelles et historiques à travers le monde, en particulier les sites sous-développés ou méconnus, pour sensibiliser et attirer un public mondial.
 - **Faciliter l'accès au tourisme** : Offrir une solution alternative aux voyages physiques, permettant aux personnes qui ne peuvent pas se déplacer de vivre des expériences touristiques enrichissantes depuis leur domicile.
-

- **Soutenir le développement économique local** : Collaborer avec les communautés et les autorités locales pour stimuler le tourisme, générer des revenus et contribuer au développement durable des régions partenaires.
- **Assurer la satisfaction et la fidélité des utilisateurs** : Offrir un support client de qualité, recueillir les retours des utilisateurs et améliorer continuellement les services pour garantir une expérience optimale et fidéliser la clientèle.

3-Temps de réalisation

La réalisation d'un prototype pour WorldConnect peut se dérouler sur une période plus courte, concentrée sur les aspects essentiels pour démontrer la viabilité du concept. Pour développer un prototype fonctionnel, il y a 4 phases :

1. Phase de conception et de planification (2-3 mois)

- **Définition des fonctionnalités clés** : Identification des fonctionnalités de base nécessaires pour le prototype (par exemple, navigation de base, interface utilisateur, une ou deux visites virtuelles).
- **Planification du projet** : Établissement du calendrier, attribution des tâches, et allocation des ressources.

2. Phase de développement (6 mois)

- Créer une équipe de développement
- Développer l'application
- Modéliser les parcours touristiques en 3D
- Effectuer des tests réguliers

3. Phase de lancement (2 mois)

- Finaliser le développement de l'application
- Élaborer une stratégie de lancement
- Lancer l'application sur les différentes plateformes (iOS, Android, etc.)

4. Phase d'itération et de croissance (en continu)

- Apporter des améliorations en conséquence.
- Continuer à promouvoir l'application pour attirer de nouveaux utilisateurs.
- Explorer de nouvelles fonctionnalités et opportunités de croissance.

4- Business model canvas

Le BMC pour WorldConnect comprend neuf points importants : **PARTENAIRES CLÉS, ACTIVITÉS CLÉS, PROPOSITIONS DE VALEUR (OFFRE), RELATIONS CLIENTS, LES CLIENTS, RESSOURCES CLÉS, LES CANAUX DE DISTRIBUTION, LES COUTS D'INVESTISSEMENT, LES REVENUS.**

NOM : BOUBEKEUR / HEBIB

PRENOM : Aymen / Arezki

TITRE : *WORLDCONNECT : Votre guide digital pour explorer l'héritage.*

PARTENAIRES CLÉS	ACTIVITÉS CLÉS	PROPOSITIONS DE VALEUR (OFFRE)	RELATIONS CLIENTS	LES CLIENTS
<ul style="list-style-type: none">• Les autorités locales dans le contexte de tourisme et culture.• Institutions culturelles et historiques (musée, palais, espaces culinaires et artisanaux...)• Fournisseurs technologiques• Établissements éducatifs	<ul style="list-style-type: none">• Recherche et développement : La collecte des documents et l'élaboration des parcours touristiques se basent sur une étude des équipements et des potentiels touristiques de la ville historique. Cette approche vise également à redynamiser certains lieux dégradés du circuit en y apportant une touche locale et un caractère distinctif propre à ces lieux.• Développement de la plateforme : Création d'une plateforme fluide et interactive pour répondre aux besoins des touristes et leur offrir une expérience touristique gratifiante, tout en tenant compte de la maintenance et de l'amélioration continue de la technologie.• Création de contenu : Production et mise à jour régulière des visites virtuelles avec l'ajout constant de nouveaux espaces, tels que des lieux culinaires et artisanaux, pour enrichir l'expérience. Des informations importantes racontant l'histoire de ces espaces sont ajoutées, valorisant ainsi l'expérience touristique.• Marketing et vente : Campagnes de promotion, gestion des relations avec les clients et partenaires.	<ul style="list-style-type: none">• Cette application représente un guide numérique qui facilite les déplacements dans ces lieux, permet d'économiser du temps et des efforts, et améliore l'expérience touristique en offrant aux touristes de nouvelles expériences. Elle leur procure un grand confort pour se déplacer et découvrir les endroits cachés et magnifiques de ces lieux de manière simple.• Accessibilité permettant aux utilisateurs de visiter des lieux du monde entier sans les contraintes du voyage, avec une expérience immersive comprenant des scènes en réalité virtuelle (VR) et augmentée (AR). Ainsi, l'utilisateur peut avoir l'impression d'être réellement à cet endroit touristique.• Promotion innovante : Outils de promotion destinés aux professionnels du tourisme et aux espaces situés dans les lieux touristiques, car notre application offre des informations détaillées, des modélisations et des	<ul style="list-style-type: none">• La fluidité de l'interface et la facilité de manipulation, associées à la présence des volets UI (Interface Utilisateur) et UX (Expérience Utilisateur), offrent aux utilisateurs un sentiment de bénéfice et de valeur ajoutée.• Personnalisation des expériences : Offre de visites virtuelles adaptées aux préférences individuelles des utilisateurs, enrichissant ainsi leur expérience interactive et immersive.• Programmes de fidélité : Cette initiative valorise l'application en offrant des réductions, des remises et des offres spéciales aux utilisateurs réguliers, renforçant ainsi la confiance et ajoutant de la valeur à leur expérience.• Notre application valorise une expérience client optimale en intégrant un service après-vente réactif et personnalisé pour résoudre rapidement les problèmes des utilisateurs, offrir un support continu et recueillir des retours essentiels pour améliorer constamment l'expérience client.	<ul style="list-style-type: none">• Touristes et voyageurs (nationales et internationales) : Personnes intéressées par la découverte de nouveaux lieux et cultures sans se déplacer.• Professionnels du tourisme : Agences de voyages, offices de tourisme, guides touristiques.• Institutions culturelles et historiques : Musées, sites historiques, gouvernements locaux, propriétaires des espaces culinaires et artisanaux ...• Établissements éducatifs : Écoles, universités, instituts proposant des cours de géographie, d'histoire, d'architecture et de culture.

	<p style="text-align: center;">RESSOURCES CLÉS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technologie : Plateforme de visite virtuelle, infrastructure cloud, outils de réalité virtuelle/augmentée. • Contenu : Bibliothèque de visites virtuelles, bases de données culturelles et historiques. • Équipe : Développeurs, spécialistes en réalité virtuelle, experts en modélisation 3D, experts en tourisme et en culture, équipe de support client. 	<p>expériences uniques qui distinguent ces destinations.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Développement touristique : Contribution à la promotion des trésors cachés et marginalisés, et amélioration de l'expérience touristique pour faire avancer le secteur touristique et culturel, notamment en Algérie. 	<p style="text-align: center;">Les canaux de distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plateforme en ligne : Site web et application mobile de WorldConnect. • Partenariats : Collaboration avec agences de voyages, offices de tourisme et institutions culturelles. • Marketing digital : Réseaux sociaux, campagnes de publicité en ligne. • Événements et salons : Présence dans des foires et salons du tourisme et de la technologie. • Réseaux éducatifs : Partenariats avec écoles et universités. 	
<p style="text-align: center;">LES COÛTS D'INVESTISSEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Développement technologique : Coûts liés au développement et à la maintenance de la plateforme. • Production de contenu : Coûts de création et de mise à jour des visites virtuelles. • Marketing et promotion : Dépenses en publicité, campagnes de marketing digital. • Partenariats et licences : Coûts associés aux partenariats et aux licences pour l'utilisation de contenus culturels et historiques. • Équipe de développement : Les coûts de main-d'œuvre varient en fonction de la taille de l'équipe, de l'emplacement géographique et du niveau d'expertise requis. • Infrastructure technologique : Les coûts associés à l'hébergement, à la maintenance des serveurs, aux licences logicielles, etc., doivent être pris en compte. 		<p style="text-align: center;">LES REVENUS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expérience VR et AR, qui constitue à la fois la source et le produit complémentaire (version premium), offrant ainsi une marge bénéficiaire supplémentaire après une période déterminée d'utilisation de la version gratuite de l'application. • Abonnements : Modèles d'abonnement mensuel ou annuel pour accéder à la plateforme. • Partenariats et sponsoring : Revenus provenant de partenariats avec agences de voyages, offices de tourisme et entreprises. • Publicité : Espaces publicitaires sur la plateforme pour des annonceurs ciblés, ainsi que la promotion des lieux situés dans le circuit. • Licences éducatives : Licences pour les établissements éducatifs pour l'utilisation des ressources pédagogiques. 		

II. Deuxième axe : Aspects innovants

- Dans le domaine des applications internationales telles que HENOO et TRIPIT, l'absence d'expérience en réalité virtuelle est notable. Ces plateformes se concentrent sur des visualisations qui manquent de la dimension immersive offerte par la réalité virtuelle. En réponse à cela, WorldConnect se distingue par la création de parcours touristiques structurés et logiques, alignés sur les principes d'urbanisme et d'architecture. Cette approche non seulement enrichit l'expérience utilisateur en offrant une exploration détaillée et éducative des destinations, mais également met en avant l'importance cruciale de visiter ces sites organisés pour une appréciation complète du patrimoine culturel et historique.
- Une plateforme intégrée offrant l'accès à une diversité de sites touristiques regroupés en un seul emplacement.
- Utiliser la réalité virtuelle pour supprimer les contraintes de déplacement en offrant des expériences immersives accessibles depuis n'importe quel endroit.
- Faciliter l'accès aux sites touristiques en Algérie grâce à la réalité virtuelle, offrant ainsi une nouvelle visibilité à l'échelle internationale.

III. Troisième axe : Analyse stratégique du marché

- **Segmentation du Marché :** Identification des segments de clients potentiels en fonction des caractéristiques démographiques, psychographiques et comportementales.
- **Analyse Concurrentielle :** Identification des concurrents directs (autres plateformes de tourisme virtuel) et indirects (agences de voyage traditionnelles, opérateurs de circuits physiques).
- **Besoins et Préférences des Clients :** Collecte de données sur les besoins des clients en termes de contenu, d'expérience utilisateur et de fonctionnalités recherchées dans les visites virtuelles et aussi utilisation de retours d'utilisateurs et d'études de marché pour affiner l'offre de produits.
- **Stratégie d'Entrée sur le Marché :** Développement de stratégies pour pénétrer de nouveaux marchés ou étendre la présence sur les marchés existants. Aussi, l'identification de partenariats clés avec des offices de tourisme, des institutions culturelles et des agences de voyage pour renforcer les canaux de distribution et la crédibilité.

IV. Quatrième axe : Aspect financier

Pour le volet financier, nous avons estimé que le projet nécessiterait environ 8 milliards de dinars pour la réalisation de 8 à 10 prototypes. Ce montant est influencé par plusieurs facteurs, notamment :

La complexité de l'application : Le nombre de fonctionnalités et l'utilisation de technologies avancées telles que la réalité virtuelle et la géolocalisation peuvent affecter les coûts de développement.

- **L'équipe de développement :** Les coûts de main-d'œuvre varient en fonction de la taille de l'équipe, de son emplacement géographique et du niveau d'expertise requis.
- **Infrastructure technologique :** Les dépenses liées à l'hébergement, à la maintenance des serveurs, aux licences logicielles, etc., doivent également être prises en compte.
- **Marketing et promotion :** Les investissements nécessaires pour promouvoir l'application et attirer les utilisateurs peuvent représenter une part significative du budget.

V. Cinquième Axe : Prototype et identité visuelle

Notre identité visuelle chez WorldConnect se construit autour d'un design d'interface moderne et intuitif, assurant une fluidité optimale dans l'expérience utilisateur de notre application.

Chaque aspect de notre design vise à faciliter la manipulation et à offrir une immersion complète lors des visites virtuelles de sites touristiques et historiques. Au cœur de cette identité se trouve notre logo, méticuleusement conçu pour être le point focal et l'élément le plus identifiable de notre marque. Il incarne notre engagement envers l'innovation et la qualité, tout en reflétant l'essence de notre mission : transformer la manière dont les utilisateurs découvrent et explorent le monde à travers la réalité virtuelle.

- **Logo d'application**



WORLDCONNECT



WORLDCONNECT

- **UI UX Design**



Conclusion



En conclusion, World Connect propose une solution novatrice pour rendre les sites touristiques accessibles à travers la réalité virtuelle, enrichissant ainsi l'expérience touristique en offrant un accès facile et immersif à des destinations variées. Cette initiative vise à surmonter les obstacles géographiques et à promouvoir le patrimoine culturel algérien à l'échelle mondiale, tout en répondant aux besoins croissants des voyageurs modernes en quête de découvertes uniques et authentiques.