



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA
RECHERCHESCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE DE BLIDA -01-

INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

Département d'Architecture

Mémoire de Master en Architecture.

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

Réhabilitation énergétique d'un bâtiment du tissu colonial à Alger

Cas d'étude : Département d'architecture d'Alger.

Présenté par :

BENRABAH Khaoula 181832056494

Encadrée par :

Dr. BENCHEKROUN. M

Dr. BABA SLIMANE. N

Dr. KAOULA. D

Membres du jury :

Président : Dr. OULD ZEMIRLI. M

Examineur : Dr. TIBERMACHINE. I

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Au nom de Dieu, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Aujourd'hui, j'écris pour célébrer la fin de mon parcours universitaire, l'année la plus marquante de ma vie.

Tout d'abord, je suis honoré de présenter ce travail, qui est le fruit de mes six années de travail acharné dans l'institut d'architecture, c'est pourquoi je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé et m'ont fait confiance tout au long de mon parcours.

J'exprime ma profonde gratitude en premier lieu à Allah (Dieu) qui m'a donné le courage de persévérer jusqu'à la fin de mes études.

Ma reconnaissance s'adresse également à mes encadreurs Dr. BENCHEKROUN. M, Dr. BABA SLIMANE. N et Dr. KAOULA. D pour leur suivi et encadrement précieux tout au long de l'année. Leurs conseils et leur disponibilité m'ont permis de réaliser mon travail dans la meilleure façon.

Deuxièmement, je tiens à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail et pour les connaissances qu'ils sont prêts à partager pour me guider dans ma carrière.

Un grand merci à ma famille, mes amis et à mes collègues qui m'ont donné la force et m'ont aidé à traverser cette année et celles d'avant. Merci pour votre amour et votre soutien.

Je tiens à remercier tous mes professeurs qui ont contribué à faire de moi la personne d'aujourd'hui.

Je remercie aussi les enseignants, les étudiants et le chef de département d'architecture d'Alger pour leur accueil lors de mes visites au département.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

KHAOULA BENRABAH

Résumé

L'Algérie, pays diversifié au patrimoine architectural et marqué par une histoire coloniale riche, fait face à des défis importants en matière d'efficacité énergétique dans son bâti ancien. Bien que le pays soit un producteur majeur de ressources énergétiques, ses bâtiments, notamment ceux du tissu colonial à Alger, sont souvent énergétiquement inefficaces. Ces structures, bien qu'elles aient une valeur historique et architecturale significative, consomment beaucoup d'énergie et offrent un confort thermique limité à leurs occupants.

L'objectif principal de ce mémoire est de réhabiliter énergétiquement un bâtiment colonial situé à Alger, en vue de réduire sa consommation énergétique, de diminuer ses émissions de carbone et d'améliorer le confort thermique de ses occupants, tout en préservant son patrimoine architectural unique.

Pour atteindre ces objectifs, la recherche s'appuie sur une analyse approfondie de l'environnement bâti existant et du climat local afin de déterminer les facteurs qui influencent actuellement l'efficacité énergétique du bâtiment. Des outils tels que les relevés, la simulation thermique dynamique et le diagramme graphique de Givoni sont utilisés pour proposer des interventions adaptées qui respectent à la fois le confort thermique des occupants et la préservation du patrimoine architectural.

Les résultats obtenus soulignent l'importance de l'usage de stratégies passives pour assurer une réhabilitation énergétique réussie. Les interventions passives, comme l'amélioration de l'isolation thermique s'avère important pour maximiser les économies d'énergie et le confort thermique des occupants tout en respectant l'esthétique et l'histoire du bâtiment.

Mots-clés : Réhabilitation énergétique, Efficacité énergétique, Préservation historique, Patrimoine bâti colonial, Confort thermique.

Abstract

Algeria, a diverse country with a rich architectural heritage shaped by a significant colonial history, faces substantial challenges in terms of energy efficiency in its historic buildings. Although the country is a major producer of energy resources, its buildings, particularly those within the colonial fabric of Algiers, are often energy inefficient. Although these structures have significant historical and architectural value, they consume a lot of energy and offer limited thermal comfort to their occupants.

The main goal of this thesis is to carry out an energy retrofit of a colonial building located in Algiers, in order to reduce its energy consumption, decrease its carbon emissions, and improve the thermal comfort of its occupants, while preserving its unique architectural heritage.

To achieve these objectives, the research is based on an in-depth analysis of the existing built environment and the local climate in order to identify the factors currently influencing the building's energy efficiency. Tools such as dynamic thermal simulation and the Givoni bioclimatic diagram are used to propose suitable interventions that respect both occupant comfort and the preservation of the architectural heritage.

The results obtained underscore the significance of employing passive strategies to ensure successful energy retrofit. Passive interventions, such as enhancing thermal insulation, are important for maximizing energy savings and occupant's thermal comfort while preserving the aesthetic and historical integrity of the building.

Keywords: Energy retrofit, Energy efficiency, Historical preservation, Colonial built heritage, Thermal comfort.

ملخص

تواجه الجزائر، البلد المتنوع بالتراث المعماري الذي شكله تاريخ استعماري غني، تحديات كبيرة عندما يتعلق الأمر بكفاءة الطاقة في مبانيها القديمة. على الرغم من أن البلاد تعد منتجًا رئيسيًا للموارد الطاقوية، إلا أن مبانيها، ولا سيما تلك الموجودة في النسيج الاستعماري بالجزائر العاصمة، غالبًا ما تكون غير فعالة من الناحية الطاقوية. هذه الهياكل، على الرغم من قيمتها التاريخية والمعمارية الكبيرة، تستهلك الكثير من الطاقة وتوفر راحة حرارية محدودة لسكانها.

تهدف هذه الأطروحة بشكل أساسي إلى إعادة تأهيل طاقوي لمبنى استعماري واقع في الجزائر العاصمة، وذلك بهدف الحد من استهلاكه للطاقة وتقليل انبعاثاته الكربونية وتحسين الراحة الحرارية لشاغليه، مع الحفاظ على تراثه المعماري الفريد. ولتحقيق هذه الأهداف، يستند البحث إلى تحليل عميق للبيئة المبنية الحالية والمناخ المحلي لتحديد العوامل التي تؤثر حاليًا على الكفاءة الطاقوية للمبنى. يتم استخدام أدوات مثل المحاكاة الحرارية الديناميكية و الرسم البياني لاقتراح تدخلات مناسبة تراعي كلاً من راحة شاغلي المبنى والحفاظ على التراث المعماري.

تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها على أهمية استخدام الاستراتيجيات السلبية لضمان إعادة تأهيل طاقوي ناجح. تعتبر التدخلات السلبية، مثل تحسين العزل الحراري، مهمة لتحقيق أقصى قدر من توفير الطاقة وزيادة الراحة الحرارية لشاغلي المبنى إلى أقصى حد مع احترام جماليات المبنى وتاريخه.

الكلمات المفتاحية: إعادة التأهيل الطاقوي، الكفاءة الطاقوية، الحفاظ على التراث، التراث المعماري الاستعماري، الراحة الحرارية

Table des matières

CHAPITRE I : CHAPITRE INTRODUCTIF	9
I.1 Introduction générale :.....	1
I.2 Thématique générale :.....	3
I.3 Problématique générale :.....	7
I.4 Problématique spécifique :.....	9
I.5 Hypothèses de recherche :.....	10
I.6 Objectifs de la recherche :.....	10
I.7 Méthodologie de recherche :.....	11
I.7.1 Approche théorique :.....	11
I.7.2 Approche pratique :.....	11
I.8 Structure du mémoire :.....	14
CHAPITRE II : ETAT DE L'ART	15
Introduction :.....	17
II.1 Le Patrimoine et l'Identité :.....	17
II.1.1 Le patrimoine, de la notion au concept :.....	17
II.1.2 Le patrimoine et l'identité architecturale :.....	18
<i>II.1.2.1 Qu'est-ce que l'identité ?</i> :.....	18
<i>II.1.2.2 Les facteurs influençant l'identité en architecture</i> :.....	18
II.1.3 Le Patrimoine comme principe actif du développement durable :.....	18
II.1.4 Approche du processus de conservation :.....	19
II.1.5 Méthodes de préservation du patrimoine architectural :.....	19
II.2 La Réhabilitation Énergétique comme opération d'intervention sur le patrimoine bâti :.....	20
II.2.1 C'est quoi la réhabilitation énergétique ? :.....	20
II.2.2 Pourquoi réhabiliter énergétiquement ? :.....	21
II.2.3 Enjeux et critères de la réhabilitation énergétique :.....	21
II.2.4 La réhabilitation énergétique et la question patrimoniale :.....	22
<i>II.2.4.1 Les Défis de la Réhabilitation Énergétique des Bâtiments Patrimoniaux</i> :.....	22
II.3 Réhabilitation énergétique pour un meilleur confort thermique :.....	22
II.3.1 Le confort thermique dans les bâtiments historiques :.....	22
<i>II.3.1.1 Confort hivernal</i> :.....	22
<i>II.3.1.2 Confort estival</i> :.....	23

II.3.2 Solutions techniques pour la réhabilitation énergétique :	25
<i>II.3.2.1 Solutions d'intervention passive :</i>	25
<i>II.3.2.2 Solutions d'intervention active :</i>	27
II.4 Étude des exemples :	28
II.4.1 Réhabilitation toute en mesure d'une ancienne maison en terre crue, Occitanie-France :	28
II.4.2 Réhabilitation raisonnée et raisonnable d'une école primaire, Mulhouse - France :	29
Conclusion :	31
CHAPITRE III : CAS D'ETUDE	32
Introduction :	30
III.1 PARTIE I : l'échelle urbaine :	30
III.1.1 Aperçu sur la ville d'Alger-centre :	31
<i>III.1.1.1 Situation et limites administrative :</i>	31
<i>III.1.1.2 L'Accessibilité vers et à Alger-centre :</i>	32
<i>III.1.1.3 Composition urbaine de la ville :</i>	33
<i>III.1.1.4 Caractéristique climatique de la ville :</i>	36
III.1.2 Analyse de l'aire d'intervention :	38
<i>III.1.2.1 Présentation de l'aire d'intervention :</i>	38
<i>III.1.2.1.1 Situation de l'air d'intervention :</i>	38
<i>III.1.2.1.2 L'organisation de l'aire d'intervention :</i>	38
<i>III.1.2.1.3 Accessibilité à l'air d'intervention :</i>	40
<i>III.1.2.1.4 Critères du Choix de l'air d'intervention :</i>	41
<i>III.1.2.2 Analyse urbaine :</i>	41
<i>III.1.2.2.1 Etude du bâti :</i>	41
<i>III.1.2.2.2 Etude du non bâti :</i>	43
<i>III.1.2.3 Analyse climatique et énergétique de l'aire d'intervention :</i>	45
<i>III.1.2.3.1 Relief et Topographie de l'aire d'intervention :</i>	45
<i>III.1.2.3.2 Le climat particulier de l'aire d'intervention :</i>	46
<i>III.1.2.3.3 Diagramme de Givoni pour l'aire :</i>	47
III.2 PARTIE II : l'échelle Architecturale :	49
III.2.1 Présentation de cas d'étude :	49
<i>III.2.1.1 Accessibilité au site et au bâtiment :</i>	49
III.2.2 Critères du Choix de cas d'étude :	51
III.2.3 Analyse architecturale de bâtiment :	51
III.2.4 Analyse bioclimatique du site :	52

Conclusion :	54
CHAPITRE IV : DIAGNOSTICS, SIMULATION ET RESULTATS	55
Introduction :	56
IV.1 Diagnostic du cas d'étude :	56
IV.1.1 Le diagnostic patrimonial :	56
IV.1.2 Le diagnostic technique :	58
IV.1.3 Le diagnostic énergétique :	58
IV.2 La simulation du cas d'étude :	59
IV.2.1 Présentation des cas étudiés :	59
IV.2.2 Présentation du logiciel de simulation :	59
IV.2.4. Simulation et interprétation des résultats :	62
<i>IV.2.2.1 Etat actuel :</i>	62
<i>IV.2.2.2 Scénarios proposés :</i>	65
A. <i>Scénario 01 : Ajout de l'isolant Ouate de cellulose :</i>	65
B. <i>Scénario 02 : changement d'épaisseur de l'isolation et le type de vitrage :</i>	68
C. <i>Scénario 03 : changement de type d'isolant, utilisation de la laine de roche :</i>	69
Conclusion :	71
CONCLUSION GENERALE	72
SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES	73
Références	87
Table des figures	78
Tableaux	80
Nomenclatures	81
ANNEXES	82



CHAPITRE I :
CHAPITRE
INTRODUCTIF

I.1 Introduction générale :

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.

Dr. BENCHEKROUN Marwa

I.2 Thématique générale :

Depuis des millénaires, le climat varie selon les époques et les lieux, les changements observés s'étalent généralement sur des longues périodes. Cependant, aujourd'hui, ces changements se produisent de manière plus fréquente et intense que la normale : sécheresses accrues, pluies excessives, ouragans violents, tempêtes répétées, fonte des glaces suivi par une réduction des surfaces océaniques gelées et l'élévation du niveau des mers, tandis que les glaciers reculent de manière significative dans les chaînes montagneuses à travers le monde.¹

Ces changements affectent également la faune et la flore. Par exemple, des populations d'oiseaux migrent moins vers le sud en raison d'hivers plus doux dans le nord, tandis que d'autres colonisent de nouveaux territoires ou en perdent. De plus, les aires de distribution des espèces végétales se déplacent, s'adaptant aux nouvelles conditions écologiques en se dirigeant vers le nord ou le sud.²

Tous ces phénomènes indiquent clairement un réchauffement climatique, souvent appelé réchauffement global ou planétaire. Il s'agit d'une augmentation des températures à l'échelle mondiale, affectant la surface terrestre, l'atmosphère, ainsi que les océans, en modifiant les équilibres météorologiques et ceux des écosystèmes « *La Terre est aujourd'hui environ 1,1°C plus chaude qu'elle ne l'était au XIXe siècle. Selon les projections actuelles, les températures mondiales augmenteront de 2,7°C d'ici la fin du siècle* ». ³

Face à ce constat, tout le monde s'interroge sur les causes, les conséquences et le devenir de ces changements, non seulement immédiats mais aussi les lointains sur les modes de vie, la santé, et surtout l'économie. Les experts estiment qu'il que ce réchauffement soit d'origine anthropique, il est dû aux émissions de gaz à effet de serre rejetés par les activités humaines : Industrie, construction, transports..., en résultat de la combustion d'énergies fossiles depuis le début de la révolution industrielle, « *A ce rythme actuel de l'activité humaine, l'augmentation de la température moyenne planétaire atteindra 1,5 °C entre 2030 et 2052* ». ⁴

Ce qu'il faut noter, que le secteur de l'habitat prend une grande responsabilité au sein de cette transition climatique négatif, Ce secteur consomme environ 30 % de l'énergie finale et produisent presque la même proportion de GES « *A l'échelle planétaire le secteur du bâtiment est responsable d'environ 30 à 40 % de la consommation annuelle mondiale de l'énergie et de près de 30 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre* ». ⁵

Selon le rapport sur l'état mondial des bâtiments et de la construction en 2022 (Bâtiments-GSR), faisant partie de Programme des Nations Unies pour l'environnement, Le secteur des bâtiments et de la construction, en 2021 :⁶

- Représentait environ 37 % des émissions de CO₂ liées à l'énergie et aux procédés et plus de 34 % de la demande énergétique mondiale ;
- Les émissions de CO₂ liées à l'énergie d'exploitation du secteur des bâtiments ont atteint un niveau record d'environ 10 Gt CO₂, une augmentation qui dépasse le niveau de 2020 d'environ 5 % et le pic pré-pandémique de 2019 de 2 % ;
- La demande d'énergie opérationnelle dans les bâtiments a atteint un niveau record de 135 EJ, ce qui représente une augmentation d'environ 4 % par rapport à la période 2020 et a dépassé le pic précédent de 2019 de plus de 3 %.

L'intérêt croissant pour la lutte contre le changement climatique et la réduction des émissions de GES a conduit les chercheurs à créer en 1980 le concept de « développement durable », qui désigne un mode de développement économique respectueux de l'environnement, du renouvellement des ressources et de leur exploitation rationnelle. Ce mode de développement répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.⁷

L'ensemble des secteurs et domaines ont revu leur façon d'évoluer et de se développer. Afin de concrétiser cette notion dans le domaine de l'architecture et limiter l'impact nocif des bâtiments sur l'environnement tout en leurs garantissant une qualité de vie meilleure en termes d'esthétique, résistance et de durabilité, les architectes et les concepteurs ont fait appel à des modes de construction plus respectueuses de l'environnement pour les conceptions futures en maîtrisant leur consommation d'énergie.

La question de la maîtrise énergétique dans le monde en général et dans le secteur du bâtiment en particulier a été émergée dans les années 1980, en réponse aux crises pétrolières des années 1970, dans un effort de limiter la consommation énergétique. Il s'est progressivement transformé en « efficacité énergétique » vers la fin des années 1980, pour intégrer des actions visant à mieux utiliser les ressources énergétiques tout en réduisant les impacts environnementaux. L'objectif était de protéger les ressources naturelles, limiter les émissions de GES, et faire face à l'épuisement des ressources fossiles, tout en contribuant à la sécurité énergétique et à la stabilisation des coûts de l'énergie. Ce concept s'est renforcé

dans les années 1990 avec l'émergence du développement durable, mettant en avant des stratégies pour réduire le réchauffement climatique.⁸

L'intérêt pour le développement durable dans le domaine de l'architecture s'étend à l'amélioration de la consommation énergétique des bâtiments existants, notamment ceux construits avant 1975. Ces bâtiments représentent la majeure partie du parc immobilier et sont très énergivores, car ils ont été construits à une époque où le coût de l'énergie était très bas et où les préoccupations environnementales étaient inexistantes.

La plupart de ces constructions sont considérées comme un héritage familial ou un patrimoine de l'humanité. Leur démolition ou leur remplacement par de nouveaux bâtiments conformes aux réglementations thermiques actuelles ne peut se justifier d'un point de vue économique, en raison de l'énergie nécessaire pour ces deux actions. De plus, la conservation de ces bâtiments est essentielle pour préserver leur valeur historique et culturelle.

Il est donc important d'adopter des techniques et des opérations efficaces et actuelles. Parmi ces méthodes : la restauration, la rénovation, et la réhabilitation. Cette dernière est une opération qui vise à améliorer la qualité, la fonctionnalité et la durabilité des bâtiments existants, en tenant compte des besoins des usagers et des exigences réglementaires.

Avec l'intérêt de la maîtrise d'énergie s'apparait la réhabilitation énergétique, il s'agit d'une opération spécifique de réhabilitation qui vise à améliorer les bâtiments existants en vue d'optimiser leur performance énergétique ainsi de réduire leur consommation d'énergie en assurant bien sur le confort de leurs occupants tout en conservant son caractère architectural et esthétique.⁹ La réhabilitation énergétique des bâtiments permet d'améliorer les performances énergétiques et environnementales des bâtiments existants, et d'augmenter et préserver leur valeur patrimoniale surtout.

La réhabilitation énergétique des bâtiments est devenue une priorité internationale et un atout maître de la construction durable, elle est en marche partout dans le monde. Des initiatives, comme le plan de rénovation énergétique des bâtiments lancé par le gouvernement français, propose des outils adaptés afin de massifier la rénovation énergétique, tant des logements que des bâtiments tertiaires. L'objectif est d'atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050 tout en poursuivant un objectif social de lutte contre la précarité énergétique.¹⁰

Quatre autres projets en Australie, en France, en Hollande et en Chine sont un exemple réussi de la réhabilitation énergétique des bâtiments :

- Quay Quarter Tower (Sydney, Australie) dont Les travaux ont permis la Réduction de la consommation d'énergie de 50% et l'obtention d'une certification LEED Platine grâce à l'installation d'une double peau de verre, d'un système de chauffage et de climatisation performant, de luminaires à LED et de panneaux solaires.
- Quartier Grand Parc (Bordeaux, France) l'opération a réduit la consommation d'énergie de 80% dans un ancien quartier industriel transformé en écoquartier exemplaire par l'Isolation renforcée, les menuiseries performantes, les systèmes de chauffage et de climatisation haute performance et la production d'eau chaude sanitaire solaire.
- Immeuble Kleiburg (Amsterdam, Pays-Bas) a été transformé radicalement d'un immeuble d'habitation en une série de maisons individuelles avec jardins et terrasses, tout en réduisant la consommation d'énergie de 90% avec l'Isolation renforcée, les systèmes de chauffage et de climatisation haute performance et les panneaux solaires
- Centre commercial Citic Square (Shanghai, Chine) Les travaux ont permis la Réduction de la consommation d'énergie de 30% dans un centre commercial grâce à l'installation d'une double peau de verre, d'un système de chauffage et de climatisation performant, de luminaires à LED et d'un système de récupération des eaux pluviales.

Ces exemples démontrent la diversité des approches possibles en matière de réhabilitation énergétique et l'impact positif qu'ils peuvent avoir sur la performance énergétique, le confort et l'esthétique des bâtiments. Ils constituent une source d'inspiration pour la mise en œuvre de projets similaires dans le monde entier.

I.3 Problématique générale :

La consommation d'énergie en Algérie, comme dans le monde, connaît une augmentation constante ces dernières années. Cette hausse est due à la fois à la croissance démographique et à une gestion parfois irrationnelle de l'énergie. Le secteur du bâtiment est particulièrement concerné, puisqu'il représente le premier consommateur d'énergie en Algérie, avec 43% de la consommation d'énergie finale.¹¹

Face à ce constat alarmant, le gouvernement algérien a mis en place plusieurs politiques et programmes pour améliorer l'efficacité énergétique dans le bâtiment et réduire les émissions de GES. Ces efforts se sont concrétisés par la création d'institutions dédiées, telles que l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) en 2004 et le Fonds National pour l'Efficacité Energétique (FNEE) en 2016. Ces institutions ont pour mission de promouvoir et de financer des projets d'efficacité énergétique dans le bâtiment, y compris la réhabilitation des constructions existantes.

Un autre tournant majeur a été la création des Programmes Nationaux de Maitrise de l'Energie (PNME) en 2008 et de Performance Energétique des Bâtiments (PNPEB) en 2015. Ces programmes visent à sensibiliser les acteurs du secteur du bâtiment aux enjeux de l'efficacité énergétique et à les accompagner dans la mise en œuvre de solutions concrètes.

Sur le plan réglementaire, l'Algérie a également adopté des mesures importantes, comme le Code de l'efficacité énergétique dans le bâtiment en 2011. Ce code fixe des exigences minimales de performance énergétique pour les nouvelles constructions, contribuant ainsi à réduire leur consommation d'énergie dès leur conception.¹²

Malgré ces efforts notables, l'Algérie reste confrontée à plusieurs défis pour améliorer l'efficacité énergétique dans le bâtiment et réduire la consommation d'énergie du secteur. Parmi ces défis, on peut citer : le manque de sensibilisation et de connaissances des enjeux et des bénéfices de l'efficacité énergétique qui cause un manque de main-d'œuvre qualifiée dans ce domaine, l'accès difficile au financement notamment pour les particuliers et les petites entreprises, et l'informalité du secteur du bâtiment, ce qui complique la mise en œuvre de réglementations et de normes. Aussi les coûts et investissements nécessaires pour la rénovation énergétique pour certains propriétaires.

En Algérie, nous assistons aujourd'hui à des villes qui contiennent de nombreuses constructions de différents tissus, à cause de superpositions de différentes strates d'époques

et de mode d'occupation spatiales variées notamment de l'époque coloniale. Sur le plan social, la majorité des constructions anciennes sont considérées comme un héritage familial ou patrimoine de l'humanité.

Le patrimoine architectural ancien en Algérie est une véritable richesse culturelle. Cependant, ces bâtiments, souvent construits sans prendre en compte les normes modernes, sont généralement énergivores et offrent un faible confort thermique. Démolir ces bâtiments pour les remplacer par des constructions neuves qui respectent les réglementations thermiques actuelles n'est pas une solution idéale. En effet, la démolition et la reconstruction consommeraient beaucoup d'énergie, ce qui aurait un impact négatif à la fois sur l'économie et l'environnement.

Le problème qui se pose est l'absence des méthodes et de programmes suffisamment conviviaux pour améliorer cette situation, et l'intervention de l'État dans le cadre de programmes de réhabilitation et de restructuration doit se concentrer sur l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments existants. Cela implique des actions telles que l'isolation thermique et l'optimisation des systèmes de chauffage et de climatisation.

Suite au contexte du thématique présenté précédemment, la problématique majeure qui s'impose, et à laquelle la recherche tentera de trouver des réponses est la suivante :

- **Comment adapter les bâtiments historiques pour améliorer leur performance énergétique et répondre aux attentes contemporaines en matière de confort thermique ?**

I.4 Problématique spécifique :

La ville d'Alger, à l'instar de l'Algérie dans son ensemble, connaît une augmentation croissante de sa consommation d'énergie. Cette hausse s'explique par plusieurs facteurs, notamment la croissance démographique qui entraîne une augmentation de la demande en énergie pour les besoins domestiques, commerciaux et industriels, le développement économique qui rend la ville d'Alger le centre économique de l'Algérie et qui se traduit par une augmentation de la consommation d'énergie pour les activités industrielles et tertiaires. Ainsi que le changement de mode de vie en adoptant un mode plus moderne, avec l'utilisation d'appareils électroménagers et de véhicules plus énergivores.

Le secteur du bâtiment est le principal consommateur d'énergie à Alger, avec une part de 37% de la consommation d'énergie finale. Cette consommation élevée s'explique par plusieurs facteurs, notamment l'utilisation de combustibles fossiles, tels que le gaz naturel et le fioul comme sources d'énergie malgré que ces sources soient polluantes et contribuent aux émissions de gaz à effet de serre, et la mauvaise performance énergétique des bâtiments car la plupart de ces derniers sont anciens et ne répondent pas aux normes de performance énergétique actuelles. Ils sont souvent mal isolés et inefficients en termes de chauffage et de climatisation.

L'efficacité énergétique s'impose comme une nécessité urgente pour la ville d'Alger, plusieurs défis majeurs se dressent sur la voie d'une ville plus durable et respectueuse de l'environnement comme la réduction de la dépendance aux combustibles fossiles.

Plusieurs initiatives faisant partie de projets de réhabilitation énergétique à Alger démontrent le potentiel et l'efficacité de cette approche, notamment :

- La réhabilitation énergétique de la Grande Poste d'Alger en cours, qui vise une réduction de 50% de la consommation d'énergie démontrant l'immense potentiel d'économies réalisables dans les bâtiments emblématiques.¹³

Ces succès encouragent à poursuivre et à intensifier les efforts en faveur de la transition énergétique dans le secteur du bâtiment à Alger pour permettre de réduire la pollution atmosphérique, les émissions de gaz à effet de serre et de contribuer à un développement durable de la ville.

Cela nous incite à poser les questions suivantes :

- **Quelles solutions techniques et approches de conception peuvent être mises en œuvre pour améliorer la performance énergétique des bâtiments existants à Alger ?**

I.5 Hypothèses de recherche :

Compte tenu des défis rencontrés dans l'adaptation des bâtiments historiques à Alger, notamment en ce qui concerne leur confort, et afin de répondre aux questions de recherche soulevées dans la problématique générale et spécifique, nous avons formulé l'hypothèse suivante :

- L'amélioration des performances énergétiques des bâtiments peut être assurée par une enveloppe efficace.
- Le confort thermique des bâtiments peut être maintenu, voire amélioré, grâce au renouvellement des systèmes techniques de chauffage et de ventilation par des technologies plus avancées et moins énergivores.

I.6 Objectifs de la recherche :

L'objectif visé dans le cadre de ce travail est la recherche des moyens pour l'obtention d'un niveau de confort thermique avec une consommation énergétique réduite, en étudiant l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur sa demande énergétique. Dans ce sens ce travail convoitera les objectifs suivants :

- Définir une stratégie pour l'amélioration du confort thermique de cas étudié par le biais de la réhabilitation énergétique.
- Intégrer la performance énergétique et la préservation de l'identité patrimoniale dans le bâtiment étudié.
- Créer un exemple d'étude d'une réhabilitation énergétique des bâtiments du tissu colonial à Alger.

I.7 Méthodologie de recherche :

Pour mener à bien notre travail de recherche nous avons adopté deux approches méthodologiques : théorique et pratique.

I.7.1 Approche théorique :

Repose sur :

- **Recherche bibliographique :**

Incluant la lecture d'ouvrages, de mémoires de maîtrise, de thèses de doctorat, d'articles et de sites web. Cela nous a permis d'approfondir notre compréhension des concepts clés guidant notre recherche, notamment le patrimoine bâti, la réhabilitation énergétique et la réhabilitation énergétique des bâtiments à valeurs historiques.

- **Recueil et une analyse des données primaires et secondaires :**

Les premiers sont des informations relatives à la réhabilitation énergétique et aux exemples de réhabilitation des bâtiments anciens et historiques partout dans le monde, ainsi que l'enquête exploratoire qui consiste à observer le site et à recueillir des informations auprès des utilisateurs du cas d'étude. Les derniers sont les informations et les documents relatifs à la ville du cas d'étude Alger-centre (PDAU, POS), au site d'intervention et au cas d'étude lui-même (dossier graphique...), obtenus auprès de département d'architecture d'Alger DAA, service technique de L'APC d'Alger, des relevés obtenus à l'aide des enseignants...

Cette approche a été essentielle pour bien cerner le sujet et les idées principales de notre recherche.

I.7.2 Approche pratique :

Elle est basée sur trois parties :

- une analyse des exemples mondiaux de réhabilitation énergétique, en tenant compte les stratégies passives et actives utilisées, qui peuvent être appliquées dans notre cas. Ainsi qu'une analyse urbaine, climatique et énergétique de l'environnement de cas d'étude, en tenant compte à la fois de ses aspects physiques et historiques.
- Visite sur place et enquête sur le site de cas d'étude et au ce dernier, cette technique est basée sur l'observation, l'une des méthodes qualitatives est utilisée pour évaluer l'état du bâtiment et le confort de ses occupants. Des photos sont prises pour documenter les observations obtenues.

- des diagnostics patrimonial, technique et énergétique sur le bâtiment à réhabiliter pour analyser sa consommation d'Énergie.

Notre objectif dans cette partie est d'identifier la meilleure intervention pour améliorer la performance énergétique du bâtiment et optimiser le confort de ses occupants, le tout en réduisant la consommation d'Énergie. Pour y parvenir, nous avons établi des simulations de son état actuel et des solutions et stratégies proposées pour le réhabiliter énergétiquement pour conclure les meilleures stratégies de réhabilitation pour les bâtiments coloniaux à Alger-centre.

La réussite de ces simulations a été facilitée par l'utilisation d'un logiciel de simulation avancé « DesignBuilder », qui a permis de déterminer le scénario optimal pour l'amélioration des performances énergétiques de bâtiment étudié.

Ces dessous un schéma résume la méthodologie et les approches suivi dans ce travail.

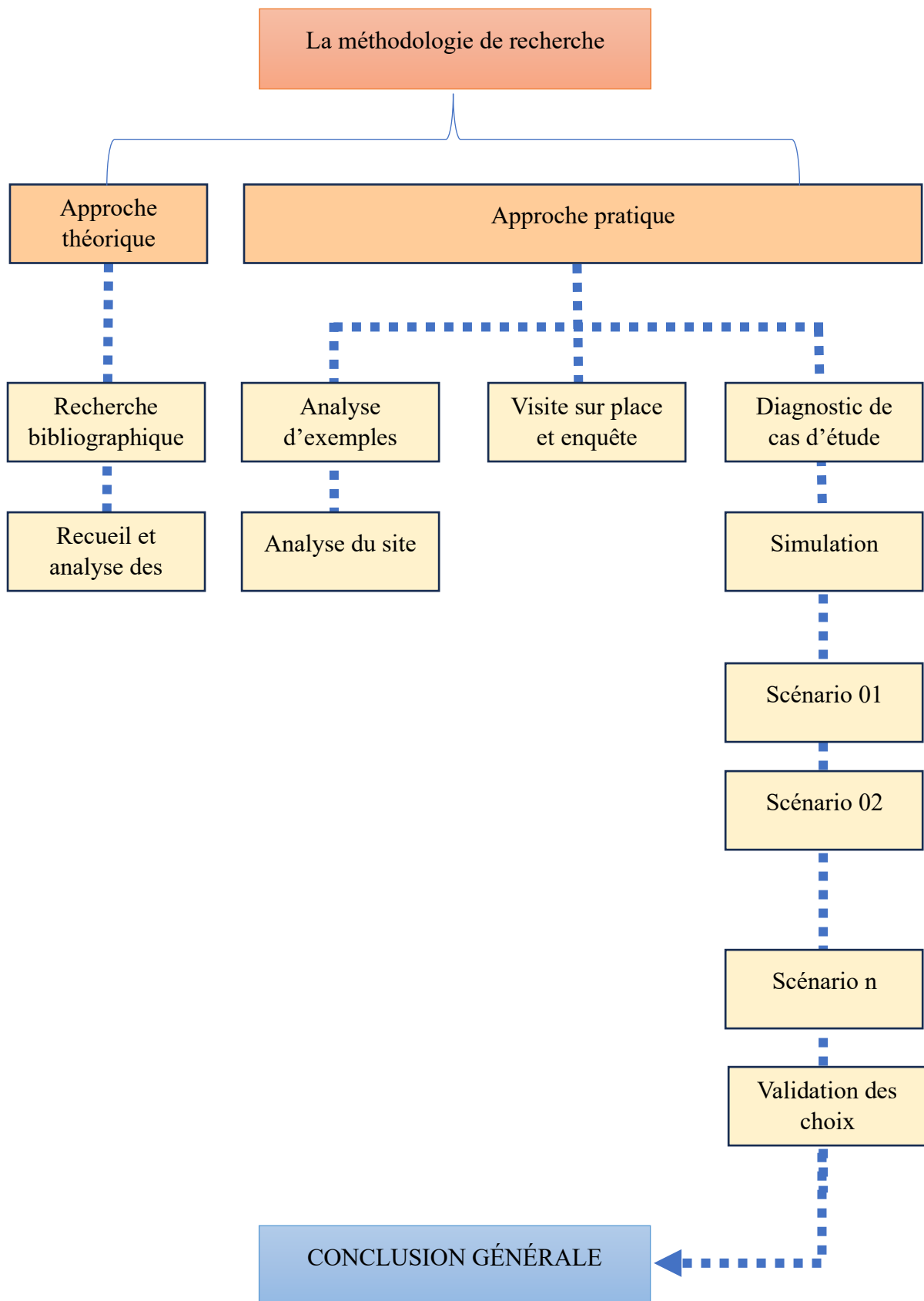


Figure 1 : Schéma récapitulatif de la méthodologie de recherche.
Source : Auteur, 2024.

I.8 Structure du mémoire :

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres et une conclusion générale :

- Chapitre I : introductif :

Il comprend les problématiques générale et spécifique, les hypothèses et objectifs du travail, la méthodologie de recherche utilisée et la structure du mémoire.

- Chapitre II : Etat de l'Art :

Des définitions des termes et des idées sur le thème de recherche -à savoir l'architecture patrimoniale, la réhabilitation énergétique et le confort thermique - sont fournies dans ce chapitre et des exemples sont également analysés.

Cela nous permettra de construire un solide corpus d'informations qui améliorera notre compréhension du fonctionnement de la réhabilitation énergétique du bâti anciens

- Chapitre III : cas d'étude :

L'étude d'un cas est au centre du ce chapitre, qui est divisé en deux parties. Nous donnerons la présentation de la ville et l'analyse de l'environnement de cas d'étude ainsi que l'intervention urbaine sur ce dernier dans la première partie, tandis que la présentation du cas d'étude est couverte dans la deuxième partie.

- Chapitre IV : Diagnostics et simulations

Le dernier chapitre comprend des diagnostics du cas d'étude ainsi que des simulations de son consommation d'énergie et du confort thermique.

- Conclusion générale :

C'est le résumé de nos résultats et la synthèse de toutes les recherches que nous avons menées.



CHAPITRE II : ETAT DE L'ART

Introduction :

Les bâtiments historiques sont les témoins vivants des styles architecturaux passés et constituent des éléments structurels essentiels de la culture et du paysage urbain de nombreuses villes. Cependant, ces édifices ont été érigés à une époque où la question de l'efficacité énergétique n'était pas au cœur des préoccupations. Par conséquent, ils manquent souvent des caractéristiques d'économie d'énergie qui sont aujourd'hui la norme dans les constructions modernes. Cette situation engendre une série de défis spécifiques, car ces bâtiments sont profondément enracinés dans notre patrimoine culturel. L'idée de les remplacer par de nouvelles constructions éco-énergétiques est non seulement irréaliste, mais également inappropriée sur le plan culturel et patrimonial.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'enjeu central de ce mémoire : la réhabilitation énergétique des bâtiments patrimoniaux. L'objectif est de mettre en œuvre des mesures et des stratégies adaptées pour améliorer leur performance énergétique et leur durabilité, tout en préservant leur intégrité architecturale et historique.

II.1 Le Patrimoine et l'Identité :

II.1.1 Le patrimoine, de la notion au concept :

Le Patrimoine est une notion polysémique, qui peut se définir dans un premier sens comme un rapport de légitimité familiale par voie de l'héritage matériel transmis de père ou mère au fils, d'une génération à une autre.¹⁴

Selon Françoise CHOAY, le patrimoine est défini comme : « *L'expression qui désigne un fond destiné à la jouissance d'une communauté élargie aux dimensions planétaires et constitue par l'accumulation continue d'une diversité d'objets qui rassemble leur commune appartenance au passé : œuvres et chefs d'œuvres des beaux-arts et des arts appliqués, travaux et produits de tous les savoirs faire des humains* ». ¹⁵

Le patrimoine est un concept large, souvent associé à l'héritage matériel transmis de génération en génération. Il regroupe des objets et des œuvres d'art, ainsi que des savoir-faire, qui ont une valeur pour l'humanité tout entière. Il désigne un ensemble d'éléments issus du passé, destiné à être partagé et préservé au niveau mondial.

II.1.2 Le patrimoine et l'identité architecturale :

II.1.2.1 Qu'est-ce que l'identité ? :

Selon la définition de James D, l'identité est : « La similitude d'une personne ou d'une chose à tout moment ou dans toutes les circonstances ; la condition ou le fait qu'une personne ou une chose est elle-même et pas autre chose ; l'individualité, la personnalité ». ¹⁶

Donc l'identité fait référence aux caractéristiques distinctives qui différencient chaque personne ou chaque chose des autres, et qui se maintiennent au fil du temps.

Tout comme une personne ou un objet, les bâtiments et les structures urbaines possèdent des caractéristiques propres qui reflètent l'histoire, la culture et les valeurs d'une communauté. La préservation de cette identité architecturale est essentielle pour maintenir le lien entre les générations passées et présentes, et garantir que les villes conservent leur caractère distinctif dans un monde en constante évolution.

II.1.2.2 Les facteurs influençant l'identité en architecture :

L'architecture respecte toujours certaines règles et réglementations, et elle est étroitement liée à l'identité de la société. La forme architecturale n'est pas seulement le reflet de la société, elle est également façonnée et influencée par trois facteurs fondamentaux :

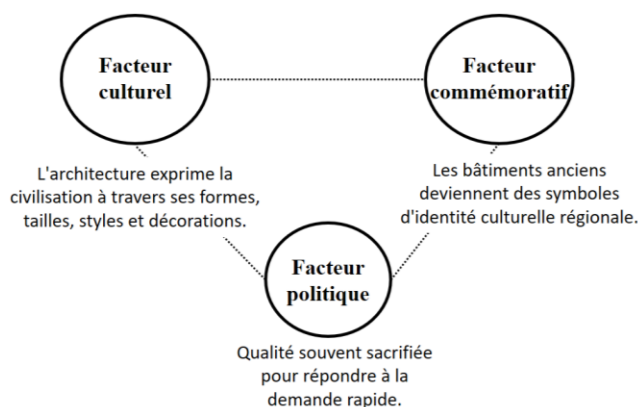


Figure 2 : Facteurs influençant l'identité en architecture.
Source : Auteur, 2024.

II.1.3 Le Patrimoine comme principe actif du développement durable :

Le patrimoine joue un rôle clé dans le développement durable, en offrant une continuité entre passé, présent et futur. Il constitue une ressource précieuse pour les générations à venir, non seulement sur le plan culturel, mais aussi environnemental et économique.

La réhabilitation des bâtiments anciens, par exemple, permet de réduire l'empreinte écologique en évitant les démolitions et reconstructions coûteuses en énergie et matériaux. Selon le rapport de l'UNESCO, « *la préservation du patrimoine bâti est non seulement une question de conservation culturelle, mais aussi une approche durable, en réduisant les émissions de carbone associées à la construction de nouveaux bâtiments* ». ¹⁷

Ainsi, intégrer le patrimoine dans les stratégies de développement durable contribue à l'atteinte des objectifs climatiques tout en respectant les valeurs culturelles et sociales.

II.1.4 Approche du processus de conservation :

Au fil du temps, les bâtiments se dégradent en raison de facteurs tels que le vieillissement, les conditions climatiques et les conditions d'utilisation. Le niveau de dégradation dépend des matériaux utilisés, des techniques de construction et de l'entretien.

Le processus de conservation doit être adapté au contexte culturel et technologique de la construction du bâtiment. Cependant, l'objectif principal reste toujours le même : préserver d'abord l'authenticité et l'intégrité des bâtiments patrimoniaux pour les générations actuelles et futures.

II.1.5 Méthodes de préservation du patrimoine architectural :

Pour préserver l'intégrité des environnements bâtis anciens qui se dégradent avec le temps, plusieurs types d'interventions sont mises en place. Ces interventions incluent la conservation des bâtiments historiques, la préservation de leur architecture d'origine, et la modernisation pour répondre aux besoins contemporains. L'objectif est de perpétuer leur existence tout en sauvegardant les sites patrimoniaux de la région. Ces actions visent à protéger et à transmettre la richesse culturelle et historique des bâtiments aux générations futures. Voici les principales interventions possibles pour protéger les bâtiments historiques anciens :

- **Préservation :** C'est une approche systématique visant à maintenir l'état actuel d'un bâtiment patrimonial, en ralentissant son vieillissement et en prolongeant sa durée de vie. Cela implique une évaluation des menaces potentielles et des interventions pour les atténuer.

- **Conservation** : Cette méthode protège les bâtiments anciens en réparant les dégâts et en éliminant les signes d'érosion, tout en préservant le caractère historique du bâtiment au sein du tissu urbain moderne.
- **Restauration** : La restauration cherche à ramener un bâtiment à son état d'origine en utilisant uniquement les matériaux existants, sans ajouter de nouveaux éléments, afin de préserver son authenticité.
- **Rénovation** : Elle répare les structures dégradées avec précision pour restaurer l'état d'origine, tout en respectant la structure existante et en ne faisant pas appel à de nouveaux matériaux.
- **Réhabilitation** : Ce processus vise à améliorer un bâtiment tout en conservant son intégrité historique. Elle peut aller de simples réparations à des interventions majeures, selon le niveau de détérioration. Le schéma ci-dessous illustre les types de la réhabilitation.

Réhabilitation légère

Améliore le confort thermique et acoustique avec des interventions simples comme la peinture ou le remplacement de menuiserie.

Réhabilitation moyenne

Renforce les structures porteuses et met à jour les équipements, avec des travaux sur l'électricité, l'isolation thermique et acoustique.

Réhabilitation lourde

Implique des travaux majeurs comme la réparation des toits, des structures, et l'étanchéité des bâtiments.

Réhabilitation exceptionnelle

Intervient sur des structures gravement endommagées nécessitant un renforcement ou une reconstruction complète.

*Figure 3 : Types de réhabilitation.
Source : Auteurs, 2024.*

II.2 La Réhabilitation Énergétique comme opération d'intervention sur le patrimoine bâti :

II.2.1 C'est quoi la réhabilitation énergétique ? :

Il s'agit de l'ensemble de mesures visant à améliorer la performance énergétique et thermique d'un bâtiment existant. Cependant, lorsqu'il s'agit de bâtiments patrimoniaux, la réhabilitation énergétique présente des défis particuliers liés à la conservation de leur valeur historique et culturelle.

II.2.2 Pourquoi réhabiliter énergétiquement ? :

Le schéma ci-dessous montre les objectifs de la réhabilitation énergétique.

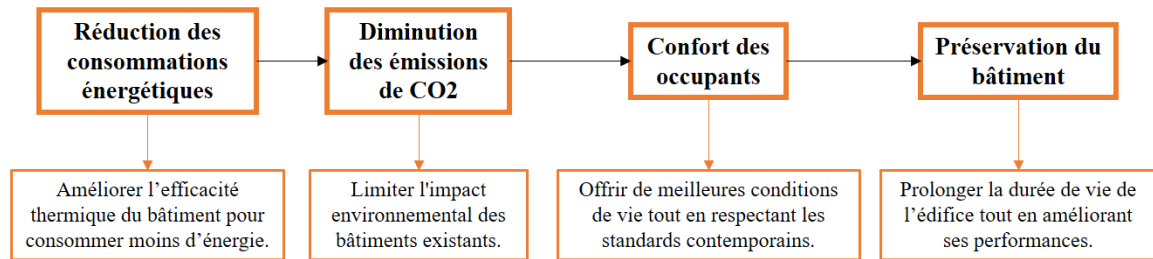


Figure 4 : Objectifs de la réhabilitation énergétique.

Source : Auteurs, 2024.

II.2.3 Enjeux et critères de la réhabilitation énergétique :

Cette opération doit répondre aux plusieurs critères à savoirs :

- **Enjeux environnementaux** : Réduction des émissions de gaz à effet de serre, lutte contre le changement climatique, préservation des ressources naturelles.
- **Enjeux économiques** : Réduction des factures énergétiques, création d'emplois dans le secteur de la rénovation, valorisation du patrimoine immobilier.
- **Enjeux sociaux** : offrir le confort thermique tout en répondant aux caractéristiques des ménages.
- **Défis techniques** :
 - Isolation : Choix des matériaux isolants respectueux de l'existant, mise en œuvre sans dégradation des éléments patrimoniaux.
 - Chauffage : Remplacement des systèmes de chauffage anciens par des systèmes plus performants et moins énergivores.
 - Ventilation : Amélioration de la qualité de l'air intérieur tout en préservant l'étanchéité à l'air.
- **Contraintes réglementaires et normatives** :
 - Réglementation thermique** : Adaptation des exigences réglementaires aux bâtiments anciens.
 - Protection du patrimoine** : Respect des règles de conservation et de restauration des monuments historiques.

II.2.4 La réhabilitation énergétique et la question patrimoniale :

II.2.4.1 Les Défis de la Réhabilitation Énergétique des Bâtiments Patrimoniaux :

Lorsqu'il s'agit de réhabiliter énergétiquement des bâtiments patrimoniaux, plusieurs précautions sont nécessaires afin de ne pas altérer leur valeur historique et architecturale. La conservation du patrimoine impose de respecter l'intégrité architecturale et culturelle d'un bâtiment tout en améliorant sa performance énergétique. Parmi les principaux défis :

- **Compatibilité des matériaux et techniques** : Les matériaux modernes utilisés pour l'isolation, les fenêtres ou les systèmes énergétiques doivent s'intégrer harmonieusement dans le cadre d'un bâtiment ancien sans nuire à son esthétique ou à sa structure.
- **Conservation des éléments architecturaux** : Les caractéristiques telles que les façades, les décorations intérieures, ou les toitures peuvent être protégées par des réglementations strictes, rendant les interventions plus complexes.
- **Contraintes réglementaires** : La réhabilitation de bâtiments patrimoniaux doit se conformer aux lois sur la protection du patrimoine, ce qui peut limiter les options disponibles pour les rénovations énergétiques.

II.3 Réhabilitation énergétique pour un meilleur confort thermique :

II.3.1 Le confort thermique dans les bâtiments historiques :

La définition du confort thermique implique généralement un équilibre entre la température de l'air, la température des surfaces intérieures, l'humidité et la ventilation, de manière à garantir le bien-être des occupants.

Donc, le confort thermique dans les bâtiments historiques fait référence à la capacité de ces structures à maintenir une température intérieure agréable pour leurs occupants, tout en prenant en compte les particularités de l'architecture ancienne.

II.3.1.1 Confort hivernal :

En hiver, l'objectif est de minimiser les déperditions de chaleur tout en conservant l'authenticité des bâtiments. Pour cela, il faut suivre les stratégies de chaud, basées sur les principes de la conception solaire passive, permettent d'optimiser la gestion de l'énergie dans les bâtiments anciens ou modernes, tout en s'inscrivant dans une logique de développement durable., qui sont les suivant :

- **Capter les rayonnements solaires** : Il s'agit de maximiser l'entrée des rayons solaires dans le bâtiment (l'ensoleillement naturel), en particulier à travers les surfaces vitrées comme les fenêtres et les baies vitrées orientées au sud.
- **Stocker** : Absorber et stocker l'énergie thermique captée pour une utilisation différée, notamment pendant la nuit ou lors de périodes sans soleil. Les matériaux à forte capacité thermique (comme la pierre, la brique ou le béton) jouent un rôle crucial en accumulant la chaleur. Ces matériaux, intégrés dans les murs ou les planchers, absorbent l'énergie solaire et la restituent lentement, assurant ainsi une température confortable à l'intérieur même après le coucher du soleil.
- **Distribuer** : La chaleur captée et stockée doit être distribuée de manière homogène dans les différentes zones du bâtiment pour assurer un confort thermique optimal. Cela peut être réalisé par des moyens naturels (la circulation de l'air) ou à l'aide de systèmes de chauffage d'appoint si nécessaire.
- **Conserver** : Cette étape consiste à éviter les pertes thermiques et maintenir la chaleur à l'intérieur du bâtiment le plus longtemps possible.

Le schéma suivant illustre les stratégies à suivre pendant l'hiver :

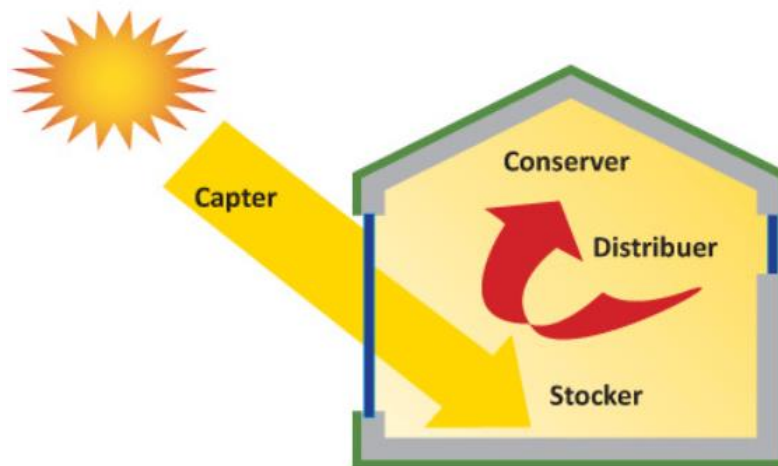


Figure 5 : les stratégie d'hiver.
Source : <https://www.biffsa.com/e-learning>

II.3.1.2 Confort estival :

En été, la gestion de la chaleur excessive repose sur la capacité des bâtiments anciens à favoriser une ventilation naturelle. L'inertie thermique des matériaux joue également un rôle en retardant la montée des températures intérieures. Pour éviter la surchauffe, il existe plusieurs stratégies à suivre, qui sont les suivantes :

- **Protéger – Éviter les gains solaires** : La première stratégie consiste à empêcher les rayons solaires directs de pénétrer dans le bâtiment pour réduire l'échauffement des façades et des surfaces vitrées, limitant ainsi l'accumulation de chaleur à l'intérieur.
- **Éviter – Empêcher le transfert de chaleur vers l'intérieur** : La deuxième étape vise à empêcher la chaleur extérieure d'entrer tout en maintenant un environnement intérieur frais.
- **Dissiper – Ventiler pour évacuer la chaleur** : Ventiler efficacement les espaces intérieurs permet d'évacuer l'air chaud et d'assurer un renouvellement d'air, ce qui aide à maintenir des températures plus agréables à l'intérieur du bâtiment.
- **Rafrâchir – Apporter la fraîcheur** : Utiliser des dispositifs naturels ou mécaniques pour introduire de l'air frais à l'intérieur. Cela peut inclure des systèmes de refroidissement passif comme la ventilation croisée ou l'utilisation de dispositifs mécaniques comme des ventilateurs.
- **Minimiser – Réduire les sources internes de chaleur** : Réduire l'utilisation de sources internes de chaleur, comme l'éclairage artificiel ou les équipements électriques, qui peuvent contribuer à l'augmentation de la température intérieure. Cela permet d'alléger la charge thermique.

Le schéma suivant illustre les stratégies à suivre pendant l'été :

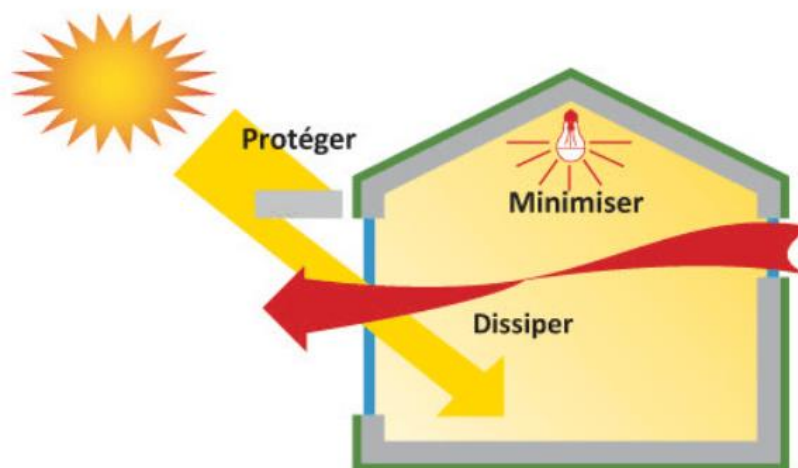


Figure 6 : les stratégies d'été.
Source : <https://www.biffsa.com/e-learning>

II.3.2 Solutions techniques pour la réhabilitation énergétique :

II.3.2.1 Solutions d'intervention passive :

Il s'agit de l'ensemble des mesures architecturales visant à optimiser les éléments favorables du climat tout en offrant une protection contre les effets négatifs, sans une consommation énergétique.


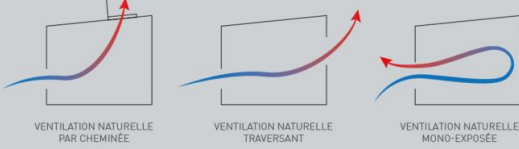

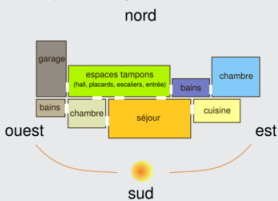
Le tableau suivant représente l'ensemble des mesures passives qui peuvent être appliquées:

Tableau 1 : Solution d'intervention passives.

Source : Rapport de Solutions et Techniques pour un Bâtiment Efficace - Conception d'une maison performante. (2022).

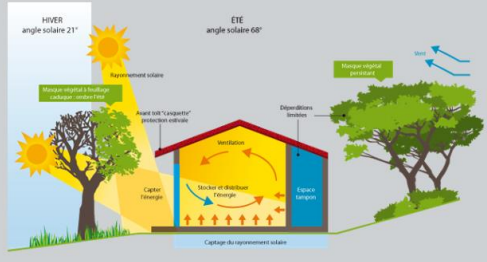
Mesures	Description	Illustration
Les paramètres environnementaux		
Implantation	S'éloigner de tout obstacle pouvant gêner le profit d'une ventilation naturelle et un bon ensoleillement	<p>Le choix du site d'implantation</p>
Orientation (soleil/vent)	<p>Nord : ne peut être retenue.</p> <p>Est et Ouest : à éviter en raison des surchauffes d'été.</p> <p>Sud : intéressante car elle permet de profiter des apports solaires en hiver et moyennant des protection solaires adéquats évitant les surchauffes d'été.</p> <p>- S'exposer aux vents en été et s'y protéger en hiver.</p>	
Les paramètres liés à la forme		
La compacité	<p>- Réduire les surfaces d'échange avec l'extérieur et donc réduire les déperdition thermique</p> <p>- Le coefficient de compacité c'est le rapport entre la surface des parois extérieur et le volume du bâtiment : $C=S/V$.</p>	
Les paramètres liés à l'enveloppe		
Isolation des parois et des vitrages	Empêcher les transferts de la chaleur, et donc réduire les besoins de chauffage et de climatisation.	
L'inertie thermique	La capacité d'un matériau à stocker et à restituer de l'énergie sous forme de chaleur.	

CHAPITRE II : ETAT DE L'ART

<p>Protection solaire des ouvertures</p>	<p>Avoir une bonne protection durant l'été et un meilleur profit des gains solaires en hiver. Ils peuvent être naturelle ou architecturale.</p>	
<p>Ventilation naturelle</p>	<p>Disposition et dimensionnement convenable des ouvertures</p>	
<p>Protection des toitures</p>	<p>Par les terrasses végétalisées qui apportent une isolation thermique contre le froid et la chaleur. (régulation thermique)</p>	
<p>Les paramètres liés à l'organisation spatiale</p>		
<p>Zonage thermique</p>	<p>Orientation des espaces selon les besoins en matière de quantité de chaleur et lumière.</p>	<p>Orientation pour un meilleur gain :</p> 

Le tableau suivant représente le fonctionnement pour le chauffage et la climatisation passive.

Tableau 2 : Fonctionnement de chauffage et climatisation passive.
 Source : Rapport de Solutions et Techniques pour un Bâtiment Efficace - Conception d'une maison performante. (2022).

Mesures	Fonctionnement	Illustration
<p>Chauffage solaire passif (hiver)</p>	<p>Minimiser les besoins de chauffage électrique: Capturer => stocker => Distribuer => Conserver (Voir le titre : 2-2- Les principes de base de l'architecture bioclimatique)</p>	
<p>Climatisation passive (été)</p>	<p>Minimiser les besoins de rafraîchissement en empêchant les rayons solaires excessifs et donc les risques de surchauffe : Protéger => Eviter => Dissiper => Rafraîchir => Minimiser. (Voir le titre : 2-2- Les principes de base de l'architecture bioclimatique)</p>	

CHAPITRE II : ETAT DE L'ART

II.3.2.2 Solutions d'intervention active :

Il s'agit de faire recours aux énergies renouvelables (source propre) afin de compenser et de compléter les besoins assurés par les mesures passives, mais sans oublier de diminuer au maximum la consommation énergétique.

Tableau 3 : Solution d'intervention actives.

Source : Rapport de Solutions et Techniques pour un Bâtiment Efficient - Conception d'une maison performante. (2022).

Mesures	Energie utilisée	Description	Illustration
Panneaux photovoltaïques	Energie solaire	Capter les rayons solaires afin de fabriquer de l'électricité et la stocker dans un onduleur.	<p>Fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques</p>
Panneaux solaires thermiques	Energie solaire	Capter les rayons solaires afin de fabriquer de la chaleur utilisée pour chauffer l'eau sanitaire.	<p>Fonctionnement des panneaux solaires thermiques</p>
Géothermique	Energie de chaleur de la terre	Utiliser la température du sous-sol de la Terre (l'inertie thermique) pour produire de la chaleur ou de l'électricité.	
Les éoliennes	Les vents (l'intensité et la direction)	Transformant l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis électrique.	
Hydraulique	La force des vagues d'eau	Utiliser la force cinétique de mouvement d'eau pour produire de l'énergie électrique.	
Biomasse	biomasse	Création de la chaleur en brûlant les matière organique de nature végétale ou animale.	

II.4 Etude des exemples :

II.4.1 Réhabilitation toute en mesure d'une ancienne maison en terre crue, Occitanie-France :

Ce bâtiment, témoignage de l'architecture rurale traditionnelle, avec ses murs en adobe et ses fondations en moellon de pierre, présentait des pathologies courantes de ce type de construction : infiltrations d'eau, remontées capillaires et une isolation thermique insuffisante, a fait l'objet d'une réhabilitation attentionnée engage une démarche de performance énergétique et environnementale.

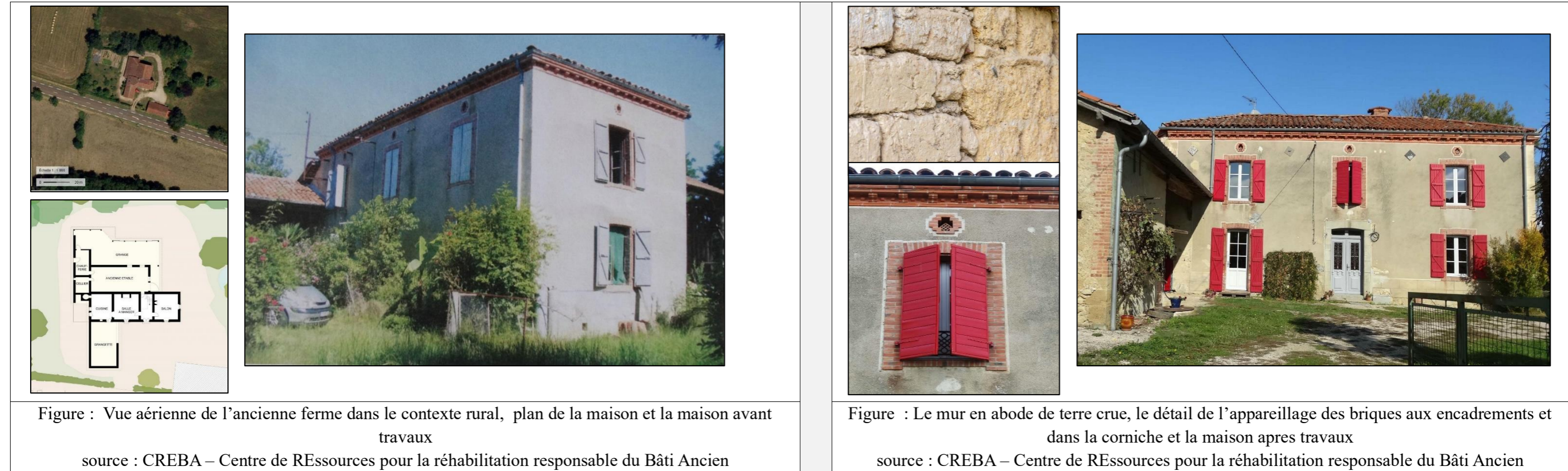


Figure : Vue aérienne de l'ancienne ferme dans le contexte rural, plan de la maison et la maison avant travaux
 source : CREBA – Centre de REssources pour la réhabilitation responsable du Bâti Ancien

Figure : Le mur en abode de terre crue, le détail de l'appareillage des briques aux encadrements et dans la corniche et la maison après travaux
 source : CREBA – Centre de REssources pour la réhabilitation responsable du Bâti Ancien

Diagnostic avant travaux	Travaux de réhabilitation réalisés	Résultats de la réhabilitation
<ul style="list-style-type: none"> - Bonne structure générale mais état sanitaire dégradé. - Problèmes d'humidité et d'étanchéité, installation électrique obsolète. - Toitures vétustes - Absence d'équipements modernes (WC, salle de bain). 	<ul style="list-style-type: none"> - Assainissement des sols et gestion des EP. - Isolation de la toiture et installation d'un chauffage à pellets. - Réutilisation et préservation des éléments patrimoniaux (briques, menuiseries, etc.). - Réfection de certaines parties avec des matériaux recyclés ou récupérés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la consommation énergétique à 102 kWh/an/m². - Confort thermique amélioré, hiver comme été. - Participation active du maître d'ouvrage aux travaux de gros œuvre et de finition. - Valorisation du patrimoine bâti par la réutilisation et le recyclage de matériaux. - Budget de 40 000 euros pour les travaux énergétique

Cette étude de cas souligne l'importance d'une approche globale de la réhabilitation énergétique, alliant expertise technique, respect du patrimoine et choix de matériaux adaptés. Les travaux réalisés sur cette maison en terre crue démontrent l'intérêt de techniques traditionnelles associées à des solutions techniques innovantes. La combinaison de matériaux naturels et de systèmes de chauffage performants a permis d'obtenir un résultat à la fois esthétique et fonctionnel en préservant la structure tout en améliorant les performances thermiques et hygrothermiques du bâtiment.

II.4.2 Réhabilitation raisonnée et raisonnable d'une école primaire, Mulhouse -France :

Cette école primaire en pierre est inscrite à l'inventaire des monuments historiques, elle témoigne de l'histoire de la Ville, puisqu'elle se situe dans les murs d'une ancienne filature. Elle a fait l'objet d'un réaménagement et d'une réhabilitation lourde de qualité, malgré le budget contraint.



Figure : la façade du bâtiment contenant tous ses éléments patrimoniaux, Salle de style rococo source : CREBA – Centre de REssources pour la réhabilitation responsable du Bâti Ancien

Figure : L'un des travaux : consolidation du mur, et la répartition des consommations conventionnelles après travaux source : CREBA – Centre de REssources pour la réhabilitation responsable du Bâti Ancien

Diagnostic avant travaux	Travaux de réhabilitation réalisés	Résultats de la réhabilitation
<ul style="list-style-type: none"> - État technique et sanitaire : - Problèmes structurels : affaissement des fondations, fissures importantes, affaissement des planchers. - Présence d'humidité : dégradation des têtes de solives et efflorescences de sels sur les murs. - Contaminations : présence de mercure, amiante et mэрule nécessitant une dépollution. - Ventilation et acoustique insuffisantes. - Charpente datant du XIXe siècle en bon état. - État énergétique : - Aucune rénovation thermique n'a été effectuée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement des abords : Une bande pavée en grès de 1,40 m a été installée pour favoriser l'évaporation de l'humidité et protéger les murs de l'école. - Structure : Consolidation des fondations avec injection de mortier sous pression et installation de renforts métalliques pour stabiliser et ancrer les escaliers. - Humidité : Un champignon (mэрule) a été découvert et traité. Les enduits au ciment extérieurs ont été retirés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le niveau de performance énergétique a été atteint, réduisant la consommation de 40 % par rapport aux normes réglementaires. - Les problèmes de mise en service des équipements ont été détectés et corrigés grâce à la Gestion technique centralisée, optimisant ainsi la gestion des systèmes de confort thermique. - Malgré les défis, le coût de réhabilitation de 1 522 € HT/m² est resté dans une fourchette acceptable pour ce type de projet.

<ul style="list-style-type: none"> - Chaudière au fioul installée dans les années 80. - Eau chaude sanitaire fournie par des ballons électriques instantanés. - Fenêtres à double vitrage de différentes époques (1990 à récemment). - État patrimonial et architectural : - Façade symétrique avec décors en grès blond (tête de Mercure, tête de lion), fronton triangulaire avec oculus et porte cochère en bois. - Façade, toiture et escaliers du XVIIIe siècle inscrits aux Monuments Historiques depuis 1981. - Salon rococo et colonnes en fonte au deuxième étage. - Fouilles archéologiques révélant des vestiges gallo-romains et médiévaux, ainsi que des structures de protection datant de la Première Guerre mondiale. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement intérieur : Transformation du rez-de-chaussée en salles de classe, augmentant la capacité d'accueil de 13 à 18 classes. - Murs : Isolation des murs avec 8 cm de laine minérale et installation d'un frein-vapeur hygrovariable. Les façades ont été restaurées avec des enduits à la chaux. - Planchers : Isolation du plancher du grenier avec 26 cm de laine minérale, remplacement des planchers intermédiaires pour améliorer la sécurité et l'acoustique. Le plancher bas a été isolé avec 80 mm de polyuréthane et équipé d'un plancher chauffant. - Menuiseries : Seule la moitié des menuiseries a été remplacée, et certaines ont été restaurées. - Chauffage et ECS : Nouvelle chaufferie avec deux chaudières à gaz, plancher chauffant au rez-de-chaussée et radiateurs dans les étages. - Ventilation : Installation de deux centrales de traitement d'air (CTA) double flux pour récupérer la chaleur et réduire la consommation énergétique. - 	
--	--	--

La réhabilitation énergétique de ce bâtiment illustre une approche équilibrée entre la préservation du patrimoine et l'amélioration des performances énergétiques. Les solutions techniques mises en œuvre, telles que l'isolation des murs et des planchers, l'installation de systèmes de chauffage modernes et la ventilation double flux, ont permis d'améliorer significativement le confort thermique et de réduire les consommations énergétiques. Tout en respectant les contraintes budgétaires et patrimoniales, ce projet a su optimiser la fonctionnalité du bâtiment, augmentant sa capacité d'accueil et assurant sa durabilité dans le respect des normes actuelles.

Conclusion :

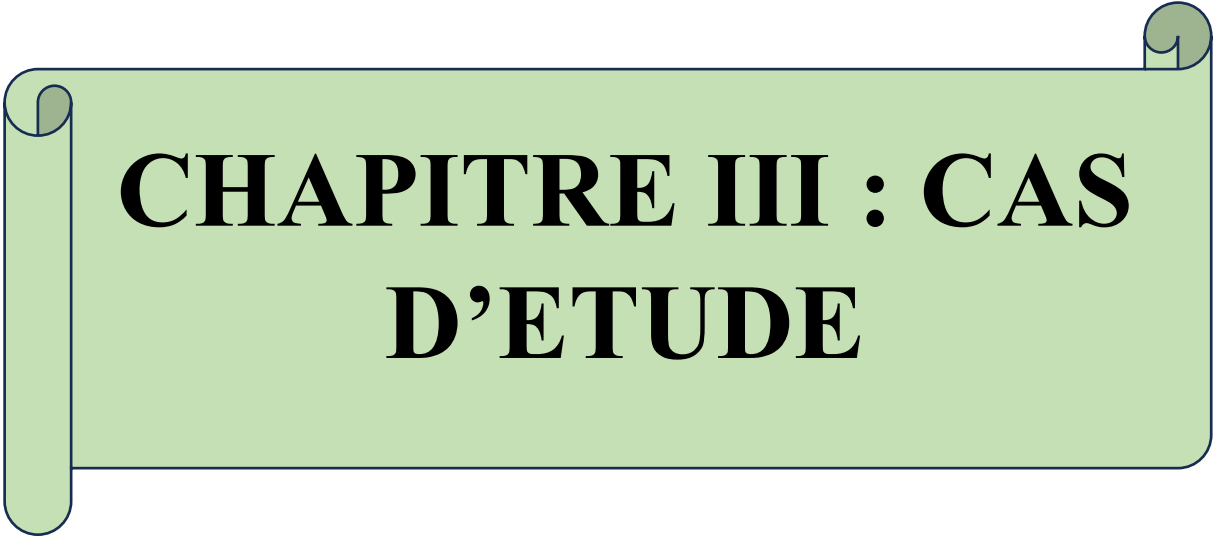
À l'issue de l'analyse de l'état de l'art et des exemples étudiés, il apparaît clairement que l'efficacité énergétique d'un bâtiment peut être atteinte sans compromettre son patrimoine architectural. Cela exige cependant une approche de conception et de mise en œuvre rigoureuse et réfléchie.

Il est primordial de reconnaître que chaque édifice possède une valeur historique et un style architectural uniques, lesquels doivent être préservés non seulement lors de réhabilitations énergétiques, mais aussi pour toute autre forme de réhabilitation. Par conséquent, toute stratégie d'économie d'énergie doit être respectueuse de l'intégrité historique du bâtiment, tout en prenant en compte ses caractéristiques architecturales existantes.

Une telle approche ne peut se concrétiser qu'à travers une évaluation approfondie de la performance énergétique et de l'état général du bâtiment. Il est essentiel d'examiner la disposition architecturale, les matériaux de construction utilisés, ainsi que les habitudes d'occupation afin d'identifier les opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique sans altérer les éléments distinctifs du bâtiment. Par exemple, l'ajout d'une isolation thermique à l'enveloppe du bâtiment peut réduire les pertes énergétiques en hiver et les gains thermiques en été, à condition que cela soit réalisé sans affecter l'apparence visuelle du bâtiment.

Le choix des technologies et des systèmes écoénergétiques doit également être effectué avec soin. L'intégration de systèmes modernes de chauffage et de climatisation, bien que bénéfiques pour l'efficacité énergétique, doit se faire de manière discrète pour préserver l'authenticité historique du bâtiment. Par exemple, l'installation de panneaux solaires sur un toit doit être envisagée de manière à minimiser l'impact visuel et à respecter l'harmonie architecturale.

Enfin, la réhabilitation énergétique d'un bâtiment ne doit pas être considérée comme une intervention ponctuelle, mais comme un processus continu. Le succès des mesures mises en œuvre repose sur une surveillance et un entretien régulier, garantissant ainsi à la fois l'efficacité énergétique et la préservation du patrimoine architectural sur le long terme.



CHAPITRE III : CAS D'ETUDE

Introduction :

"Alger est une ville où l'architecture parle la langue de la lumière et de l'ombre, où chaque rue, chaque façade, révèle un dialogue subtil entre tradition et modernité".

Jean Nouvel

Alger-centre, est le chef-lieu de la wilaya d'Alger, la capitale de l'Algérie, une ville métropole animée et cosmopolite, avec une population de plus de 200 000 habitants. Cette municipalité a été créée en vertu du décret du 19 Février 1977, rattachée administrativement à la daïra de Sidi M'Hamed. Elle constitue le cœur de la ville d'Alger, même si le cœur historique est constitué par la Casbah.¹⁸

La ville est un centre économique important, abritant de nombreuses entreprises et institutions gouvernementales.

Sa richesse en histoire, architecture et culture, Ses vues imprenables sur la mer Méditerranée et son atmosphère vibrante en font une destination incontournable pour les voyageurs en quête de découvertes et d'expériences authentiques. Elle se distingue par son patrimoine colonial d'une richesse exceptionnelle. Témoignage d'une époque révolue, ces vestiges architecturaux racontent une histoire complexe et fascinante, façonnée par la rencontre de deux cultures.

Toute cette richesse fait de cette ville un site d'intervention d'un intérêt.



*Figure 7 : Façade coloniale, Alger-centre.
Source : Site Officiel de la Mairie d'Alger centre.*

III.1 PARTIE I : l'échelle urbaine :

III.1.1 Aperçu sur la ville d'Alger-centre :

III.1.1.1 Situation et limites administrative :

Alger centre est la capitale politique, administrative et économique du pays et chef-lieu de la wilaya d'Alger qui fait partie des wilayas de nord de l'Algérie. Elle est située à la partie nord de la wilaya d'Alger sur le littoral, exactement sur les rives de la mer Méditerranée

Cette commune s'étend sur une superficie de 3,7km², constitue 0,46% de la surface totale de la wilaya d'Alger, elle fait partie des communes de la daïra de Sidi M'Hamed ; avec la commune de Sidi M'Hamed, El mouradia et El madania.

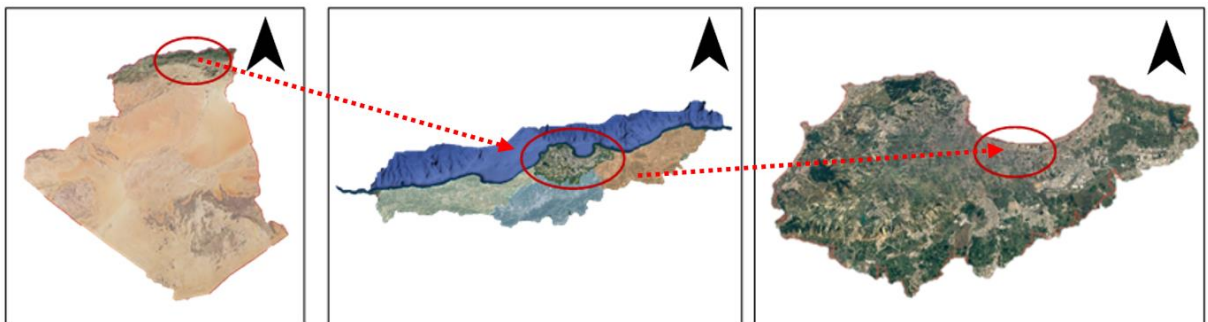


Figure 8 : Situation de la ville à l'échelle nationale, territoriale et à sa wilaya.
Source : Google Earth, traitée par auteur, 2024.

Elle est délimitée par :

- Le bassin méditerranéen à l'Est ;
- Les communes d'Oued Koriche et d'El-Biar. L'Ouest ;
- La commune de la Casbah. Nord ;
- Les communes de Sidi M'Hamed et de Belouizdad. Sud.



Figure 9 : Situation de la ville à l'échelle communale.
Source : Google Earth, traitée par auteur, 2024.

III.1.1.2 L'Accessibilité vers et à Alger-centre :

Alger centre est accessible par 2 types de potentialité terrestre et maritime, soit : à l'échelle nationale ou internationale, elle est facilement accessible par différents moyens de transport, offrant aux visiteurs et aux habitants un large éventail d'options pour se déplacer.

Comme ce-suit :

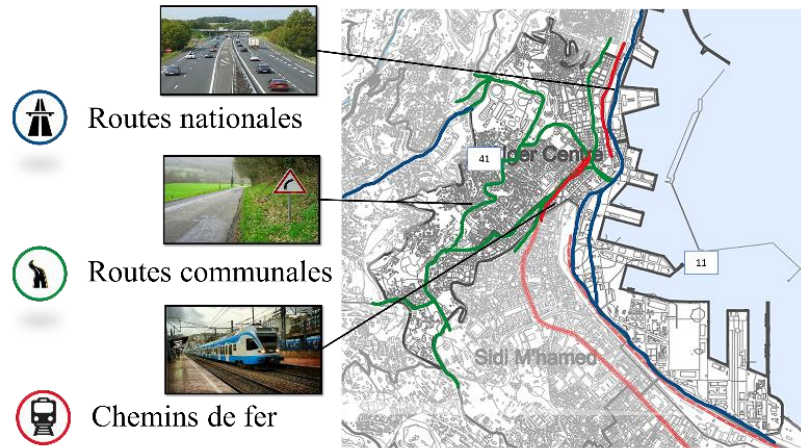

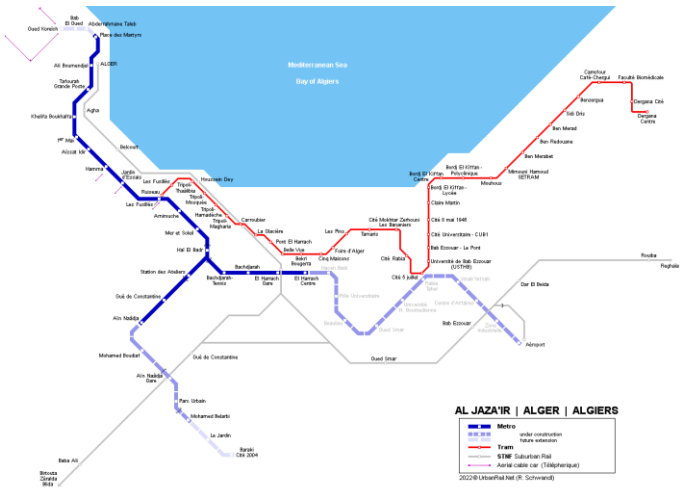


Figure 10 : Potentialités et moyens de transport structurant la ville d'Alger.
Source : Google.com, traitée par auteur, 2024.

Tableau 4 : Potentialités et moyens de transport structurant la ville d'Alger.
Source : Traitée par auteur, 2024.

Potentialités		Moyens de transport et gares disponibles
Terrestre	Réseau Routier (RN1, RN41) et Voies Communales	<p>Bus : Des stations principales, telles que la Place du 1er Mai et d'autres réparties dans Alger-Centre, desservent de nombreuses lignes de bus permettant une bonne connectivité vers et à l'intérieur de la ville.</p>  <p>Figure 11 : Voie RN 01. Source : Prise par auteur, 2024.</p>
	Réseau Ferroviaire	<p>Métro : Le métro d'Alger dessert plusieurs stations situées à Alger-Centre, notamment celle de "Tafourah"...</p>

		<p>Train : dessert plusieurs stations, la principale est la gare d'Alger située à proximité du port, au front de la mer.</p>  <p>Figure 12 : Réseau ferroviaire d'Alger-centre. Source : https://www.urbanrail.net/af/alg/algiers.htm</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Maritime</p>	<p>Le port d'Alger, un des plus grands ports d'Algérie, s'étend du quartier d'Alger-Centre à la commune de Belouizdad. Il constitue un hub maritime clé pour les échanges commerciaux et les déplacements des personnes.</p>	<p>Navette maritime : Un service de bateau-bus exploité par Algérie Ferries pour les liaisons internationales et nationales, reliant Alger à d'autres ports algériens et méditerranéens.</p>

III.1.1.3 Composition urbaine de la ville :

La composition urbaine d'Alger-Centre est un exemple complexe d'urbanisme influencé par plusieurs époques, notamment la période ottomane et coloniale française. Cette diversité se manifeste à travers des infrastructures modernes qui côtoient des édifices historiques, créant un tissu urbain unique.

Cette ville présente une composition urbaine diversifiée et bien structurée, combinant des infrastructures publiques, des espaces verts et des zones résidentielles denses. Cette diversité reflète à la fois le caractère historique et fonctionnel de la ville.

Tout d'abord, Alger Centre est marqué par une forte densité de bâtiments résidentiels et commerciaux (voir la figure ci-dessous, la partie illustrée avec couleur orange), s'étendant à travers tout le centre-ville et constituant l'essentiel de l'urbanisation dans la commune.

On observe également des infrastructures portuaires (voir la figure ci-dessous, BATI_PORT, la partie illustrée avec couleur bleu foncé), situées à proximité du front de mer, témoignant du rôle central du port dans le développement économique de la ville.

Les infrastructures publiques jouent aussi un rôle essentiel dans la vie quotidienne des habitants de la ville. On y trouve plusieurs secteurs sanitaires (illustrée avec couleur jaune), des services de protection civile (illustrée avec couleur rouge) sont également bien répartis, avec des infrastructures de secours et de sécurité civile à proximité des zones habitées. La sûreté urbaine (illustrée avec couleur violet), indiquée par la présence de postes de police, assure la sécurité des citoyens dans tout le centre-ville.

En parallèle de cette urbanisation dense, Alger Centre conserve une proportion notable d'espaces verts (illustrée avec couleur vert foncé), offrant des lieux de détente et de loisirs pour les habitants. Ces parcs et jardins sont disséminés à travers la ville, constituant des poumons verts dans un environnement urbain majoritairement construit. En plus des espaces de verdure, la commune dispose également de stades et de salles de sport (illustrée avec couleur vert clair), qui fournissent des installations pour les activités sportives et les événements communautaires.

Enfin, la connectivité à Alger Centre est assurée par un réseau de routes principales (illustrée avec couleur bleu ciel) facilitant le déplacement des habitants et des visiteurs. Ce réseau routier bien développé joue un rôle crucial dans la fluidité du transport urbain, en lien avec les infrastructures portuaires et les autres services.

En somme, la composition urbaine d'Alger Centre montre un équilibre entre développement résidentiel, infrastructures publiques et espaces récréatifs, contribuant à la qualité de vie de ses habitants et à son attractivité en tant que centre historique et économique.

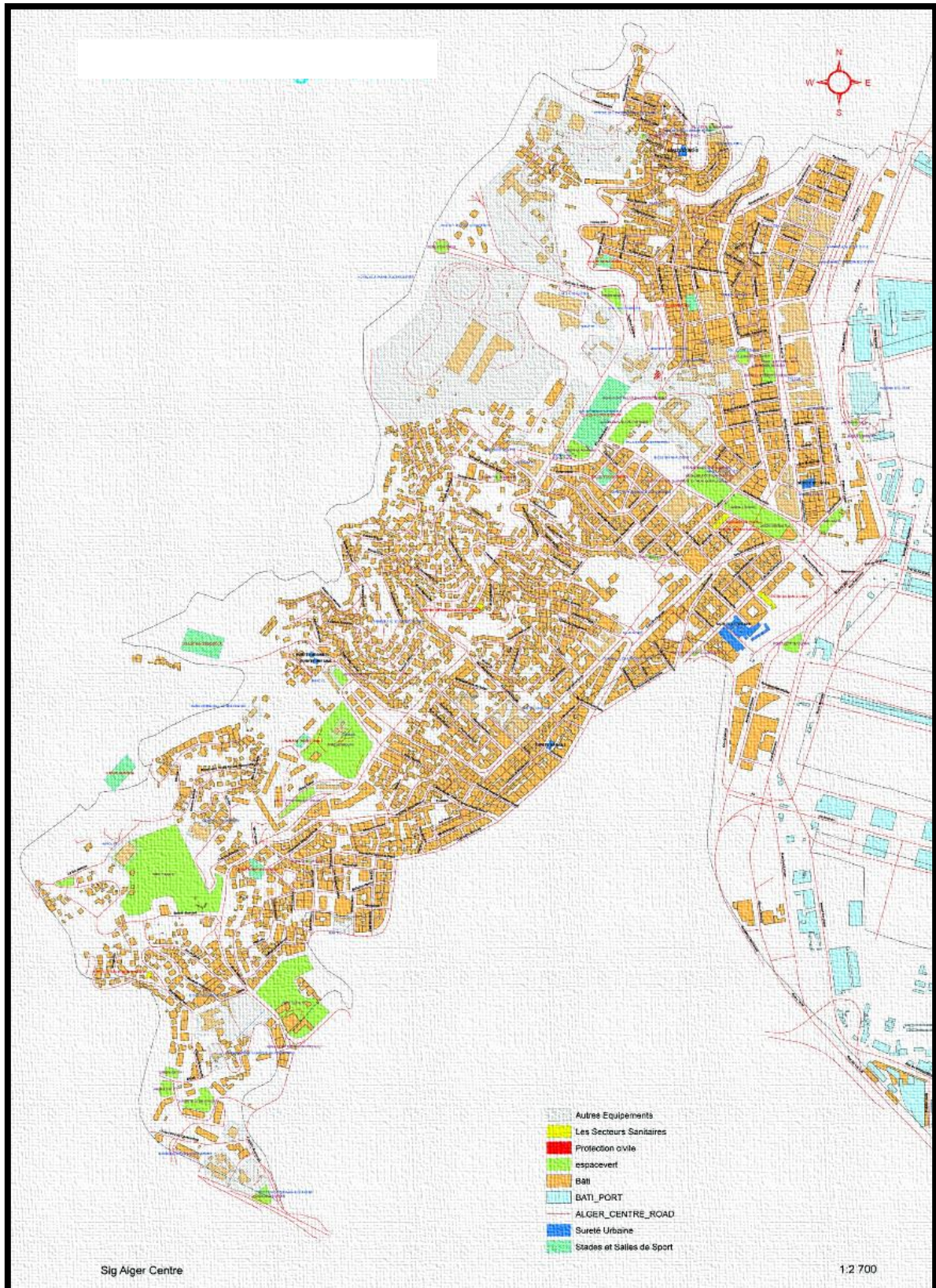


Figure 13 : Composition urbaine d'Alger-Centre.
Source : Site Officiel de la Mairie d'Alger centre.

CHAPITRE III : CAS D'ETUDE

III.1.1.4 Caractéristique climatique de la ville :

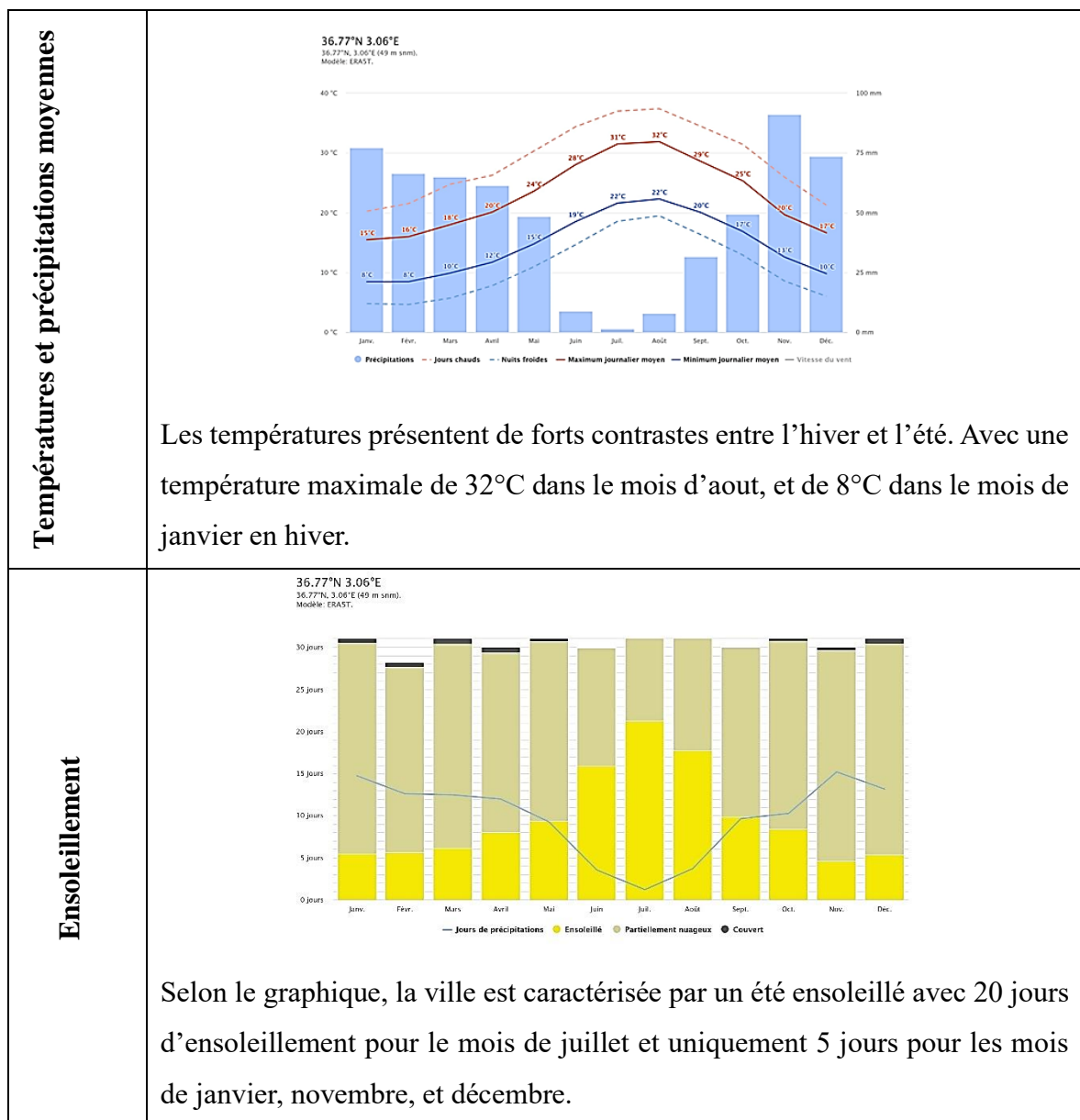
Le climat d'Alger est de type méditerranéen, caractérisé par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et humide.

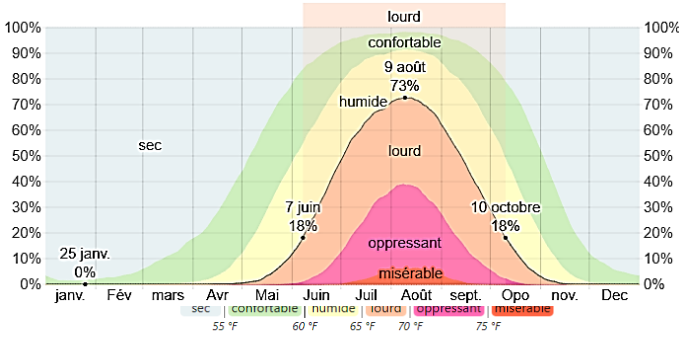
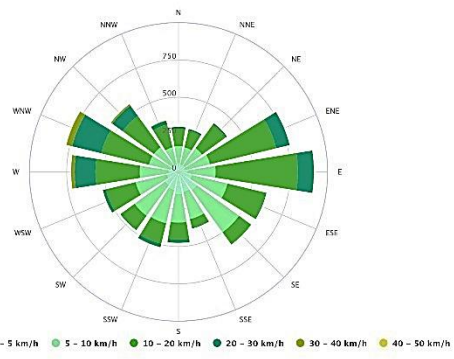
Les conditions climatiques prévalant dans Alger Centre sont caractérisées par une température chaude et modérée. En hiver, les pluies sont bien plus importantes qu'elles ne le sont en été.

La température moyenne annuelle est de 18.2 °C à Alger Centre. Chaque année, environ 615 mm des précipitations descendent. La ville est située dans l'hémisphère nord. L'été commencé ici à la fin de Juin et se termine en Septembre.

Tableau 5 : Caractéristiques climatiques de la ville.

Source : [Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Alger - meteoblue](#)



<p>Humidité</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Le pourcentage de temps passé à différents niveaux de confort d'humidité, classé par point de rosée.</i></p> <p>Alger connaît des variations saisonnières extrêmes de l'humidité perçue :</p> <p>La période la plus lourde est du 7 juin au 10 octobre, période pendant laquelle le niveau est oppressant (18%). Le mois avec le plus de jours humides à Alger est août, considéré comme misérable (73%).</p> <p>Le mois avec le moins de jours lourds est janvier, avec 0% jours de lourdeur.</p>
<p>Régime des vents</p>	<p>36.77°N 3.06°E 36.77°N, 3.06°E (49 m snm). Modèle: ERA5T.</p>  <p>Ceux qui dominent en période hivernale sont violent et froid avec orientation Sud-Ouest, et ceux qui dominent en été sont chauds d'une orientation Nord-Est.</p>

III.1.2 Analyse de l'aire d'intervention :

III.1.2.1 Présentation de l'aire d'intervention :

III.1.2.1.1 Situation de l'air d'intervention :

L'assiette du l'aire d'étude se situe dans le pos n° 167 du PDAU d'Alger centre. Le terrain se trouve entre deux éléments importants, le front de mer à l'est et les extensions urbaines à l'ouest de la ville. Il est caractérisé par une forme irrégulière légèrement trapézoïdal d'une superficie de $S= 4,15\text{ha}$.

Il est limité comme ce-suit :

- Au nord la voie RN 01 ;
- Au sud par la station 2 mai tafourah ;
- A l'Est par le grand port d'Alger ;
- A l'Ouest par le chemin de fer et la gare ferroviaire d'Agha.

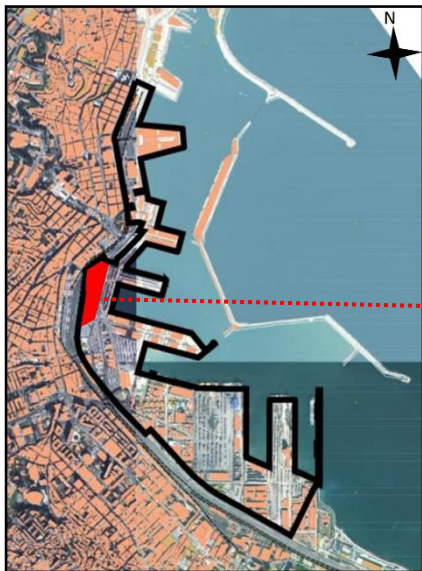


Figure 15 : Situation de l'air d'intervention urbaine sur le pos 167 d'Alger.
Source : Traitée par auteur, 2024.



Figure 14 : Délimitation de l'aire d'intervention.
Source : Traitée par auteur, 2024.

III.1.2.1.2 L'organisation de l'aire d'intervention :

On se trouve dans un environnement urbain dense, notre aire d'étude est occupée totalement représentant un pôle d'activités tertiaires, Il comprend une variété de bâtiments et d'espaces, allant des bâtiments administratifs aux espaces verts représentés comme suit :

- Espaces bâtis : regroupant notamment le département d'architecture (objet de l'étude), les services douaniers, les sociétés portuaires et un bâtiment lié à la distribution d'énergie. À cette zone s'ajoute un parking public, suggérant une fréquentation importante du site.
- Espaces non bâtis : comprend également des espaces dédiés aux activités extérieures, notamment un stationnement réservé aux bus universitaires, soulignant ainsi une proximité avec un établissement d'enseignement supérieur. De plus, la présence de jardins aménagés apporte une touche de verdure et contribue à améliorer le cadre de vie.
- Voiries : Le site est desservi par un réseau routier comprenant notamment la route nationale RN01, un axe majeur reliant différentes zones, ainsi que la rampe de Tafoura, une voie d'accès qui pourrait permettre de relier le site à d'autres niveaux.

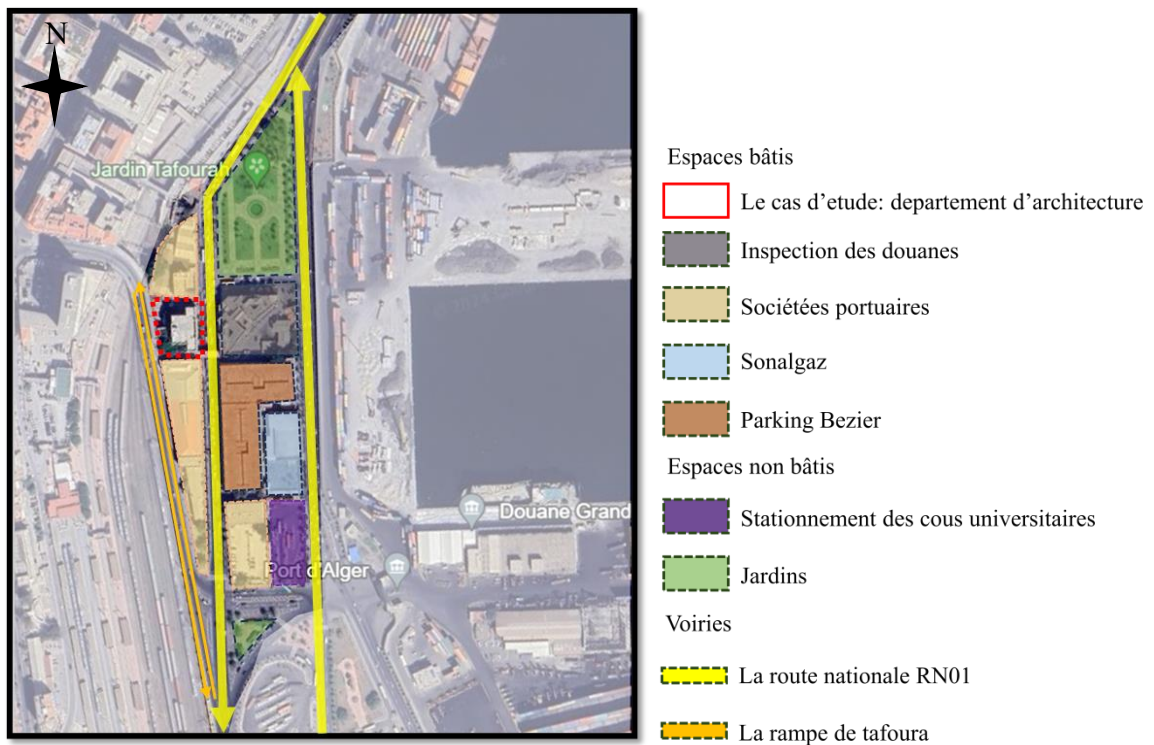


Figure 16 : L'organisation de l'aire d'étude.
Source : Google earth, Traitée par auteur, 2024.



Figure 17 : Composantes de l'aire d'étude.
Source : Google earth, Traitée par auteur, photos prises par l'auteur, 2024.

III.1.2.1.3 Accessibilité à l'air d'intervention :

La zone d'étude est bien desservie par les voies routières et les transports en commun.

Accès routier :

- Route nationale RN01 : Cette route principale est l'axe routier majeur desservant la zone d'étude. Elle offre une connexion directe avec le réseau routier plus large et permet d'accéder à d'autres quartiers ou villes.
- Rampe de Tafoura : Cette voie d'accès secondaire, relie la zone d'étude à la route nationale et au reste de la ville.

De plus, plusieurs stations de bus desservent la zone, notamment celles dédiées aux étudiants, témoignant d'une bonne intégration dans le réseau de transport urbain. La présence d'un chemin de fer à proximité suggère également une offre de transport diversifiée.

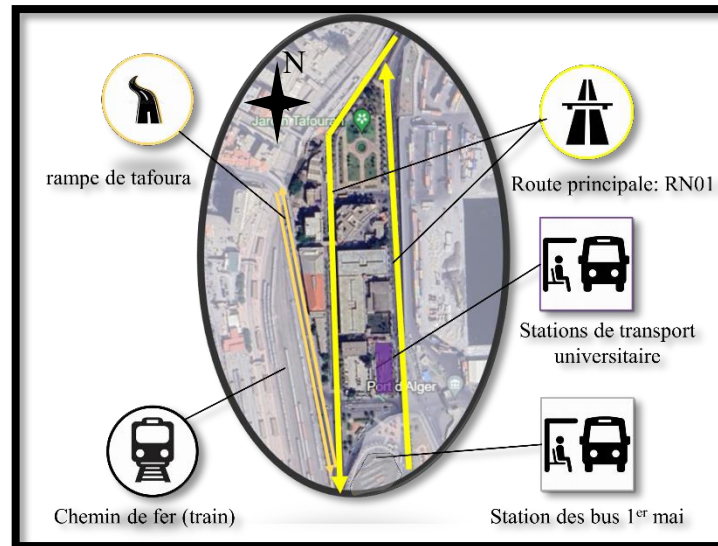


Figure 18 : Accessibilité à l'aire d'étude.
Source : Google earth, Traitée par auteur, 2024.

III.1.2.1.4 Critères du Choix de l'air d'intervention :


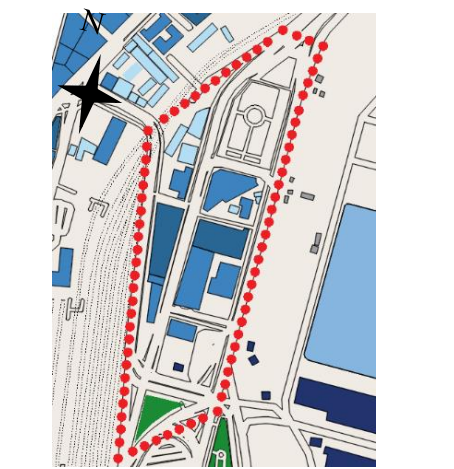
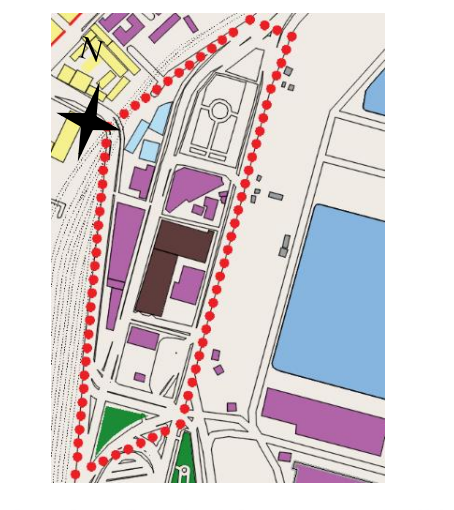
Le choix de cette zone pour notre étude d'une réhabilitation énergétique d'un bâtiment du tissu colonial s'avère judicieux en raison de la richesse et de la fragilité de son patrimoine architectural. D'une part, la présence de nombreux édifices coloniaux, témoins d'une époque révolue, confère à la ville un caractère unique qu'il convient de préserver. D'autre part, l'état de délabrement de ces bâtiments, souvent dus à l'âge, au manque d'entretien et aux contraintes climatiques.

III.1.2.2 Analyse urbaine :

III.1.2.2.1 Etude du bâti :

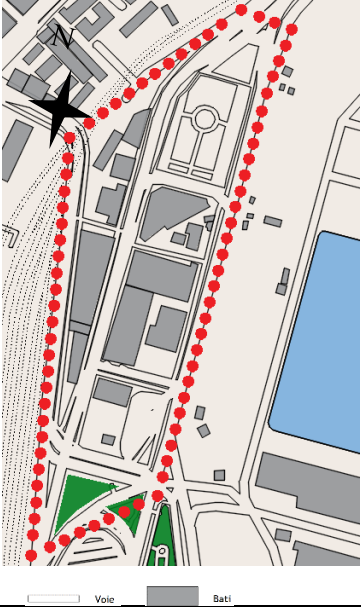

Tableau 6 : Etude du bâti.
Source : Google earth, Traitée par auteur, 2024.

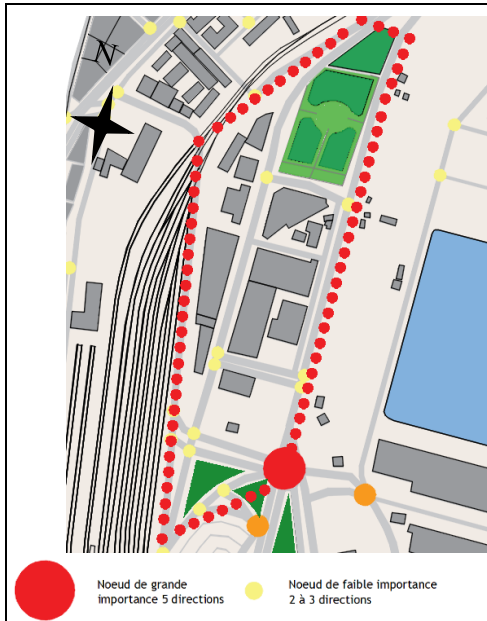
Cartes	Constats
	<p>La carte du bâti montre la prédominance de la morphologie compacte.</p>

 <p>■ RDC / R+1 ■ R+2 ■ R+3 ■ R+5</p>	<p>On remarque une dominance du gabarit R+1 – R+2, on les trouve dans la partie SUD de notre zone d'étude, dont la plupart sont des hangars d'activités industrielles.</p>
	<p>On remarque que les bâtiments bénéficient d'une a 2 façades, parfois 3 façades due à leur position l'un à côté de l'autre</p>
 <p>■ Habitat ■ Commerce ■ Administration ■ Service ■ Parking</p>	<p>Le site comprend une mixité des fonctions : le commerce, administrations et l'éducation.</p>

III.1.2.2.2 Etude du non bâti :

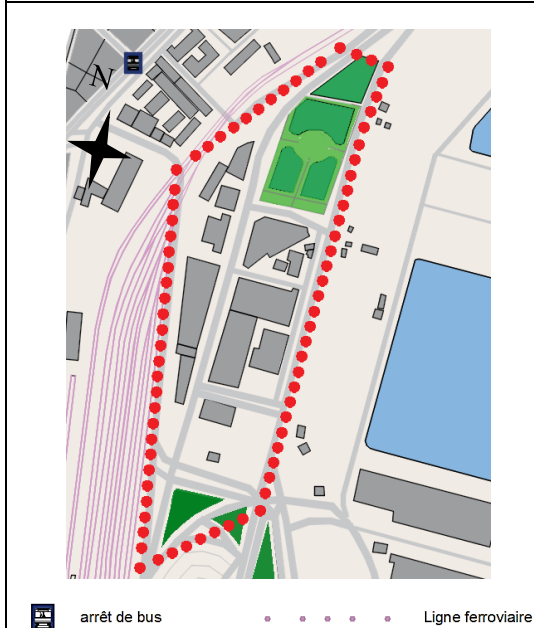
Tableau 7 : Etude du non bâti.
Source : Google earth, Traitée par auteur, 2024.

Cartes	Constats
	<p>La zone d'étude est accessible par plusieurs routes nationales notamment la RN11.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autoroute RN11 : Il s'agit de l'ancienne autoroute Est -Ouest plus connu sous le nom de « Ex moutonnaire » Aujourd'hui cet axe est considéré comme l'un des plus important de la capitale d'Alger car il passe devant nombre d'équipements phares de la ville.
	<p>La zone d'étude est desservie par différents types de voies de différents gabarits et importance.</p> <p>Nous pouvons les catégoriser en 3 types essentiels, qui sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'autoroute RN11 « Ex moutonnaire » qui traverse le littoral Algérois et qui relie les deux extrémités de la baie d'Alger. - Des voies secondaires qui relient entre les différents axes structurants de la zone. - Des voies tertiaires ou impasses qui desservent les îlots fermés.




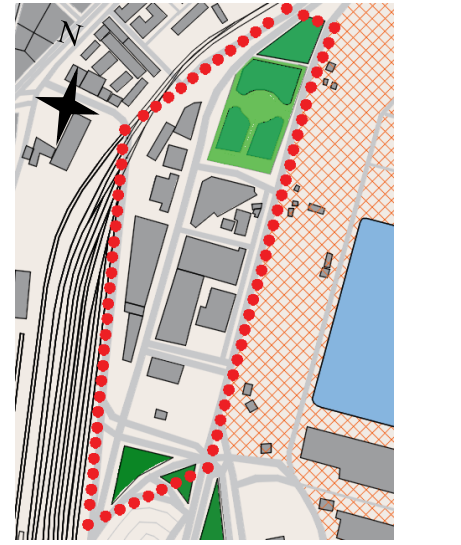
Un nœud urbain désigne un espace situé au croisement de voies de communication et qui concentre des fonctions urbaines importantes. Nous pouvons classer les nœuds présents dans la zone d'étude en 3 catégories :

- Des nœuds de grande importance qui desservent 5 directions ou plus.
- Des nœuds de faible importance à 2 ou 3 directions que l'on retrouve notamment dans l'extrémité sud de la zone d'étude



La carte de mobilité indique les moyens de transport existants dans la zone d'étude ainsi que leurs différents arrêts et directions.

- Il existe un seul moyen de transports disponible au service des citoyens : transport en commun BUS
- mais nous pouvons dire que la zone est bien desservie en termes de transport en commun ce qui lui confère une accessibilité optimale.

 <p>Voie à flux important plus de 20 voitures Voie à flux moyen plus de 10 voitures Voie à flux faible plus de 5 voitures</p>	<p>Un flux routier désigne l'ensemble des véhicules qui circulent sur une infrastructure routière donnée pendant une période déterminée.</p> <p>On mesure le flux routier en nombre de véhicules par unité de temps (véhicules/heure, Véhicules/jour).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les flux varient selon les jours, les heures de la journée, avec des pointes le matin et le soir en semaine.
 <p>espace vert espace non bâti / trottoirs et parkings bâtis espace vert bâti</p>	<p>Cette carte présente les différents espaces non bâtis de la zone d'étude.</p> <p>On distingue différents types d'espaces non bâtis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les espaces verts urbains : parcs, jardins publics, squares... - Les emprises infrastructures de transport : routes, voies, ...

III.1.2.3 Analyse climatique et énergétique de l'aire d'intervention :

III.1.2.3.1 Relief et Topographie de l'aire d'intervention :

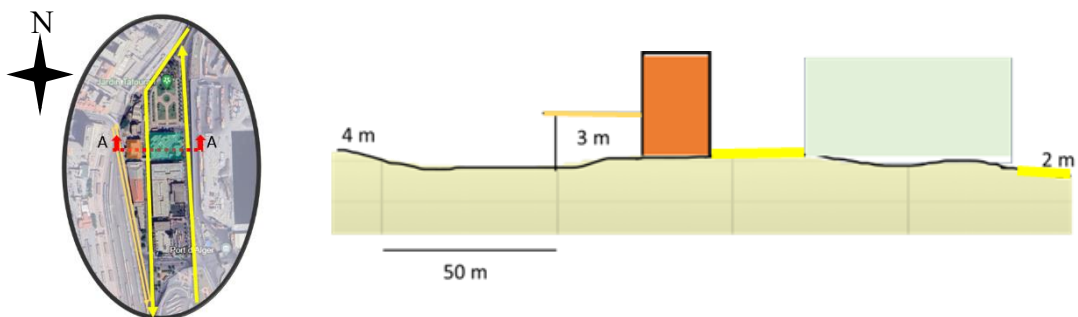


Figure 19 : Coupe A-A montrant la topographie de l'aire d'intervention.
Source : Google earth, Traitée par auteur, 2024.

CHAPITRE III : CAS D'ETUDE

III.1.2.3.2 Le climat particulier de l'aire d'intervention :

L'aire d'intervention bénéficie d'un climat méditerranéen typique, avec des contrastes saisonniers marqués. Les étés chauds et secs sont propices aux activités de plein air, tandis que les hivers doux et pluvieux offrent un cadre plus propice à la détente.

Les températures estivales varient généralement de 14 °C à 33 °C, tandis que les températures hivernales varient de 6 °C à 26 °C (voir figure ci-dessous).

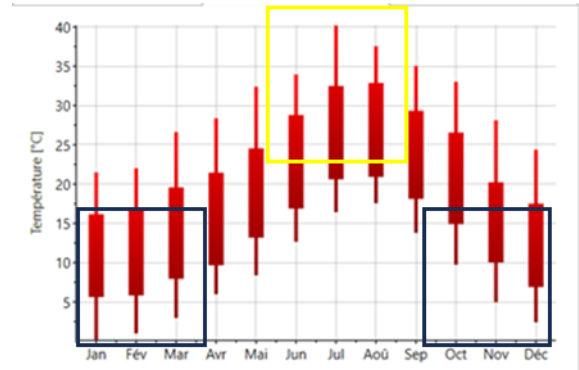


Figure 20 : Evaluation de la température.
Source : Meteonorm, Traité par auteur, 2024.

Les étés ont tendance à être secs, avec une pluviométrie moyenne de 49 mm, tandis que les hivers sont froids et pluvieux, avec une pluviométrie moyenne de 120 mm (voir la figure ci-dessous).

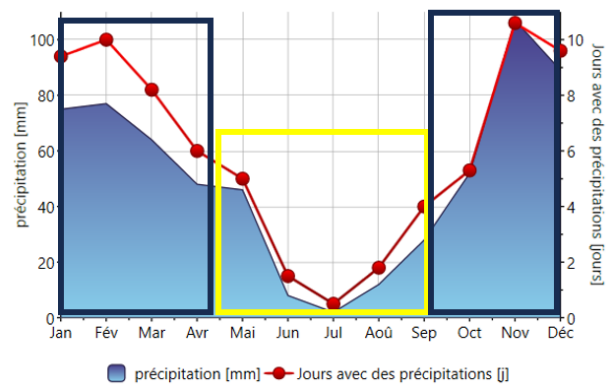


Figure 21 : Précipitation pour l'aire d'étude.
Source : Meteonorm, Traité par auteur, 2024.

Les vents prédominants proviennent des directions Nord-Est et Sud-Ouest avec la plus grande fréquence, (voir les figures ci-dessous).

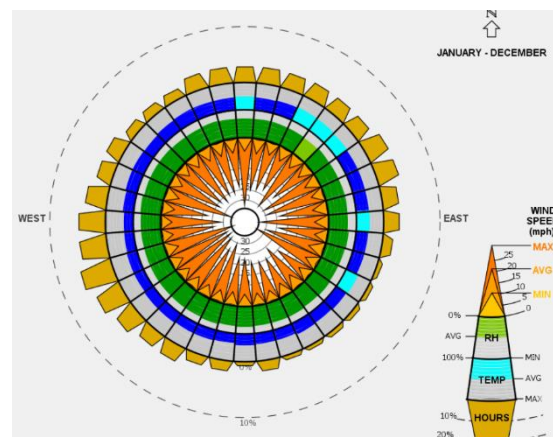


Figure 22 : Les vents dominants à l'aire d'intervention.
Source : Meteonorm, Traité par auteur, 2024.

III.1.2.3.3 Diagramme de Givoni pour l'aire :

- Hiver :

A Alger-Centre, le diagramme de Givoni montre différentes stratégies pour maintenir le confort intérieur en été et en hiver. En se concentrant sur la saison hivernale, qui comprend les mois les plus froids d'octobre à février, le diagramme révèle plusieurs résultats clés.

Le facteur le plus important contribuant à la chaleur intérieure est le chauffage et l'humidification, qui représentent 41,4 % du temps. Cela souligne la nécessité chauffer l'intérieur dans des conditions froides. En outre, le gain de chaleur interne est nécessaire pendant 39,4 % du temps, ce qui indique la nécessité d'utiliser des appareils, des éclairages et des systèmes de gestion de l'occupation efficaces.

Les stratégies solaires passives, qu'elles soient de faible ou de forte masse, sont importantes et couvrent 23,8 % du temps. L'utilisation du chauffage solaire passif peut réduire de manière significative la consommation d'énergie pour le chauffage.

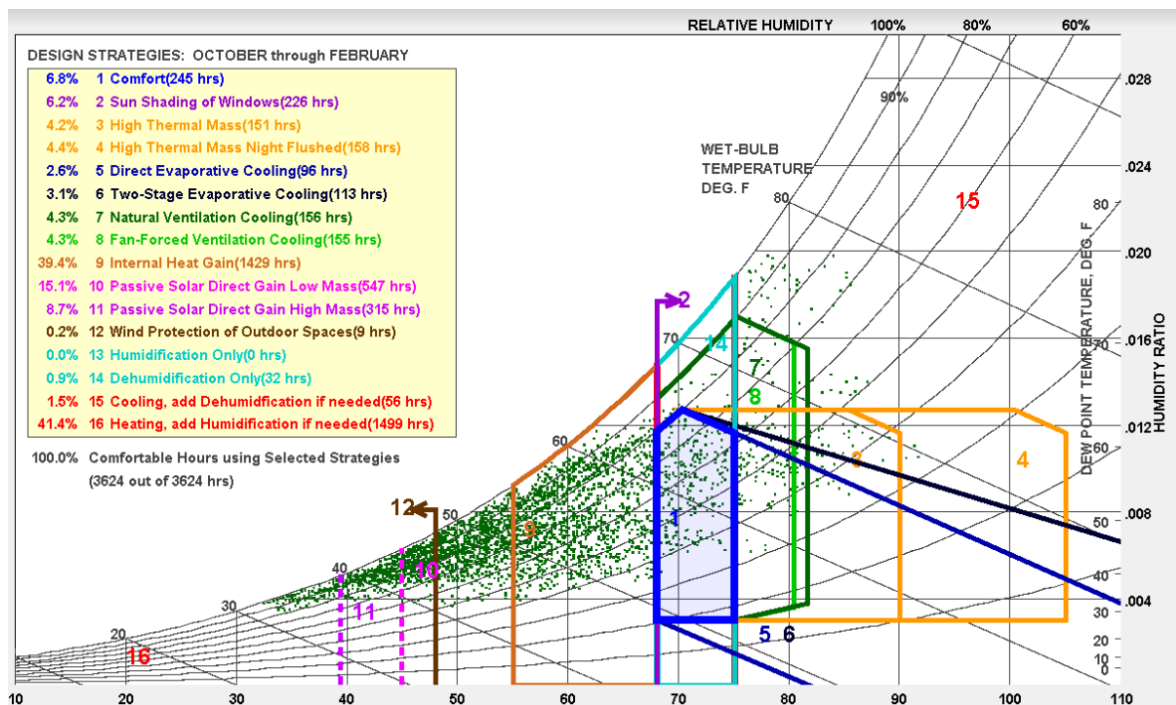


Figure 23 : Diagramme de Givoni d'Alger-Centre d'octobre à février.

Source : climate consultant

En résumé, le diagramme de Givoni souligne l'importance de la gestion des gains de chaleur internes, de l'utilisation du chauffage solaire passif et d'une bonne ventilation pour obtenir des environnements intérieurs confortables et efficaces sur le plan énergétique pendant les mois les plus froids, et montre que la zone de confort se situe entre 20 et 27°C.

- Été :

Pendant la saison estivale, de mai à septembre, la protection solaire des fenêtres est le facteur le plus important (34,9 %) pour réduire les apports de chaleur solaire. Il est suivi par l'importance de la ventilation naturelle et de la ventilation forcée (26,5 % et 25,8 %) respectivement, pour améliorer le refroidissement grâce à un mouvement d'air efficace et faire face à l'humidité. Les gains de chaleur internes restent importants (23,3 %), soulignant le besoin permanent de gérer les sources de chaleur internes.

Le refroidissement avec déshumidification (29,7 %) est crucial pendant les périodes de température et d'humidité élevées, où la combinaison du refroidissement et du contrôle de l'humidité est essentielle.

Le refroidissement et la déshumidification (24,7%) est nécessaire pendant les périodes de température et d'humidité élevées, où la combinaison du refroidissement et du contrôle de l'humidité est essentielle. Les stratégies de masse thermique élevée (29.4 % au total) montrent l'efficacité de l'utilisation de matériaux capables d'absorber et de restituer la chaleur pour stabiliser les températures intérieures.

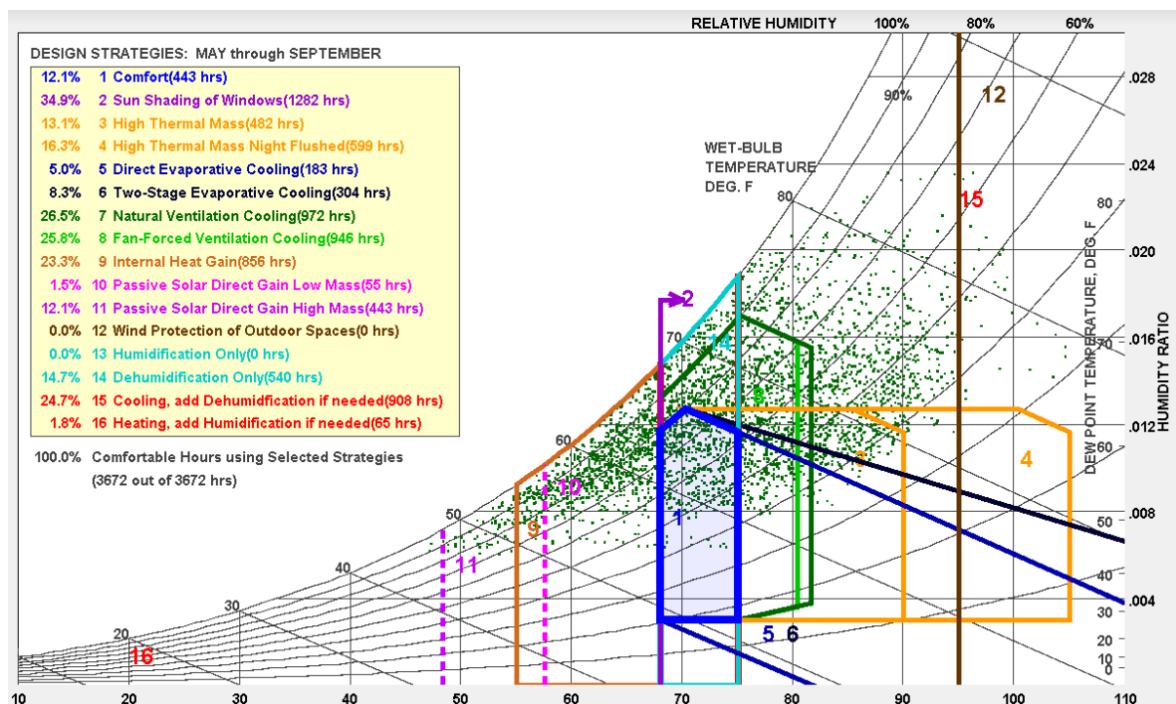


Figure 24 : Diagramme de Givoni d'Alger-Centre de mai à septembre.
Source : climate consultant

Pendant les mois les plus chauds, la zone de confort se situe également entre 20 et 27°C. Il est donc essentiel de disposer d'une protection solaire efficace, d'une ventilation et de

stratégies de gestion de la chaleur et de l'humidité. Cela nécessite une combinaison de techniques de refroidissement passives et actives pour maintenir le confort intérieur tout en tenant compte du gain de chaleur interne. Nous proposons la même solution mais en ajoutant des systèmes CVC efficaces tels que des systèmes de refroidissement hybrides et des systèmes d'ombrage dynamiques.

III.2 PARTIE II : l'échelle Architecturale :

III.2.1 Présentation de cas d'étude :

Le cas d'étude pour ce travail est le « bâtiment du département d'architecture d'Alger », anciennement une école de commerce. Situé au quartier tafourah, au côté Est de la ville d'Alger centre, il s'agit d'un bâtiment de 2 blocs, l'un est néoclassique en 4 niveaux et en toiture plate, et l'autre est un hangar avec 3 niveaux, en toiture en charpente métallique. Le bâtiment a été construit en 1900 et sa structure principale est en brique.



Figure 25 : Département d'architecture d'Alger.
Source : Prise par auteur, 2024.

Fiche technique du bâtiment
- Type de bâtiment : établissement éducatif, département d'architecture
- Nombre d'étages :
- Le bloc néoclassique : 4 niveaux
- Le bloc en hangar : 3 niveaux
- Date de construction : 1900
- Matériaux de construction principaux : brique, béton, ciment, métal
- Style d'architecture : néoclassique

III.2.1.1 Accessibilité au site et au bâtiment :

L'accessibilité au site du bâtiment se fait depuis deux accès dont le premier est mécanique venant du RN 01 et le deuxième est piéton venant depuis la rampe de tafoura.

CHAPITRE III : CAS D'ETUDE

La carte et les illustrations suivantes montrent les différents accès au site du bâtiment et au ce dernier.

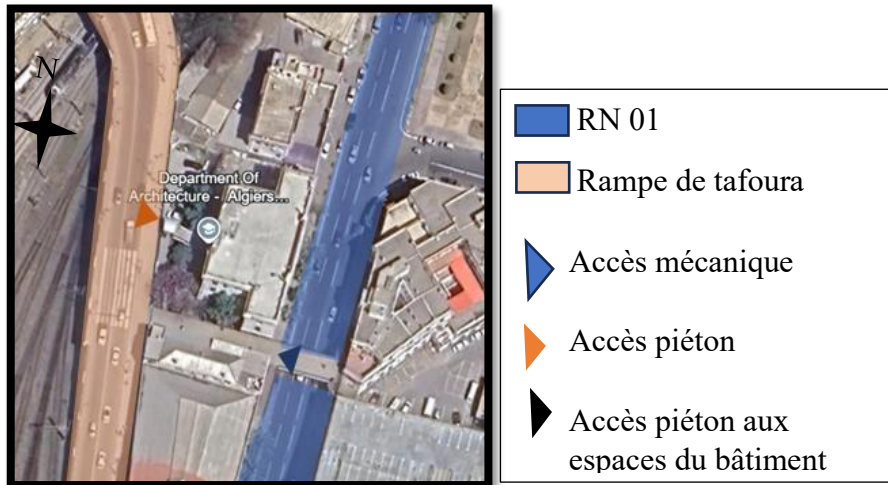


Figure 26 : Accessibilité au site et au bâtiment.
Source : Google earth, traité par auteur, 2024.

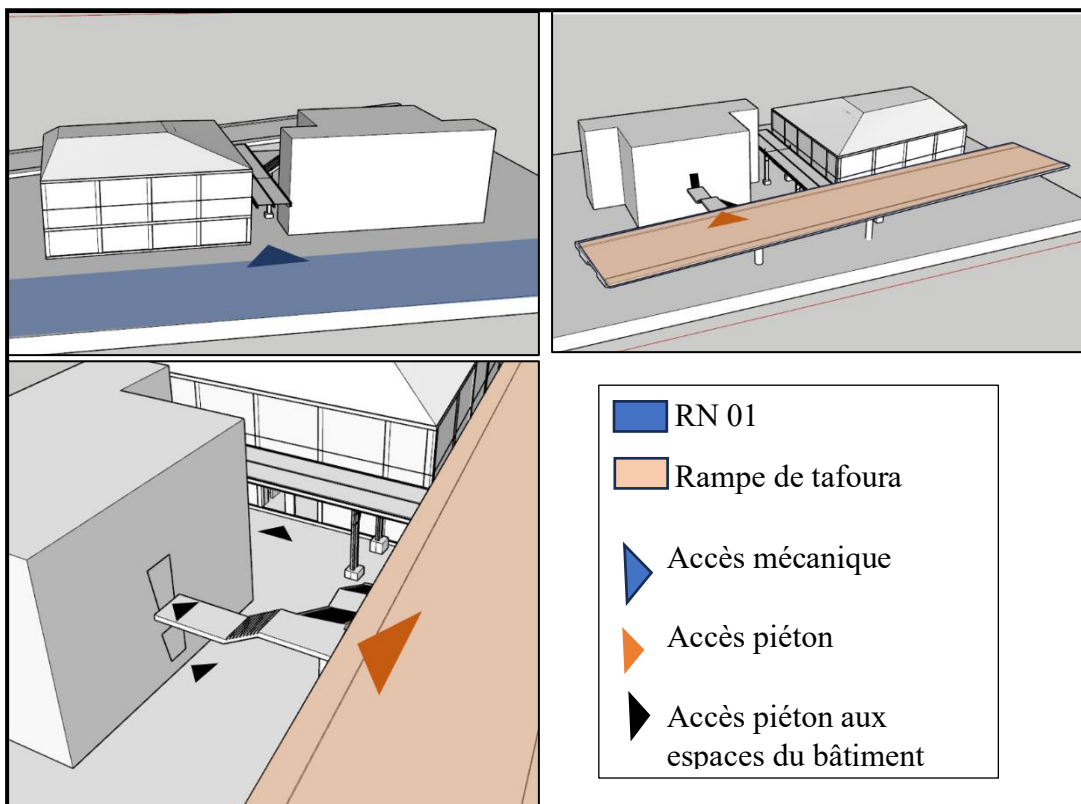


Figure 27 : Différents accès au bâtiment.
Source : Modélisée par auteur, 2024.

III.2.2 Critères du Choix de cas d'étude :

Le choix du bâtiment du département d'architecture d'Alger comme cas d'étude s'est basé sur plusieurs critères :

- La valeur patrimoniale du bâtiment ;
- Accessibilité des informations : Des informations sur le bâtiment sont relativement accessibles, notamment, des photos... Cela permettra une analyse approfondie du bâtiment et de son évolution ;
- Réponse aux revendications des étudiants : Les récentes grèves des étudiants du DAA ont mis en lumière l'état de dégradation du bâtiment du département d'architecture. Sa réhabilitation énergétique, constituerait une réponse concrète aux revendications légitimes des étudiants et contribuerait à l'amélioration de leurs conditions d'étude.

III.2.3 Analyse architecturale de bâtiment :

- Forme du bâtiment :

L'édifice est bâti sous forme de T avec une toiture terrasse qui se met en contact avec le paysage et ses éléments.

Le bâtiment s'allonge en longueur plus qu'en hauteur.



Figure 28 : Modélisation 3D du bâtiment.
Source : Traitée par auteur, 2024.

- Orientation du bâtiment :

Le bâtiment est développé selon l'axe nord-est/sud-ouest, il s'ouvre sur tous ses façades.

La façade Nord-Ouest donne vue sur la ville d'Alger et la façade Sud-Est sur la voie mécanique RN01.

Il est situé à une altitude de 03m au-dessus du niveau de la mer sur un terrain plat.

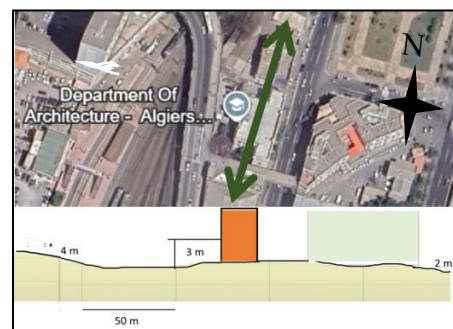


Figure 29 : Forme du bâtiment.
Source : Google earth, traité par auteur, 2024.

III.2.4 Analyse bioclimatique du site :

Il est nécessaire de connaître à tout instant la position du soleil dans le ciel et les types de vents dominants sur le site car ces informations sont indispensables afin d'évaluer l'orientation de bâtiment et son exposition aux apports solaires et aux apports des vents.

Le bâtiment se développe selon l'axe nord-est/sud-ouest, il est orienté (enseillé) sur l'axe nord-ouest/sud-est.

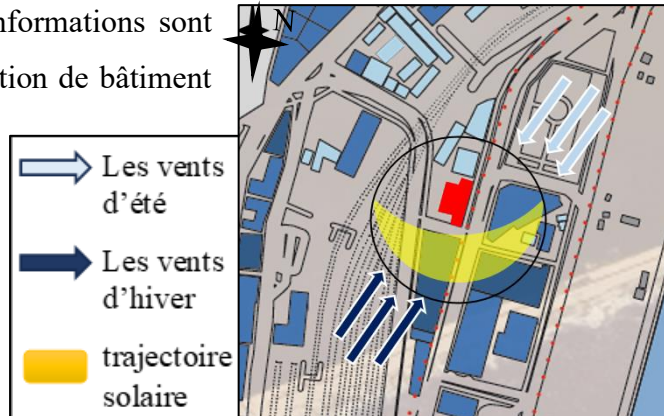


Figure 30 : Analyse bioclimatique du site.
Source : Auteur, 2024.

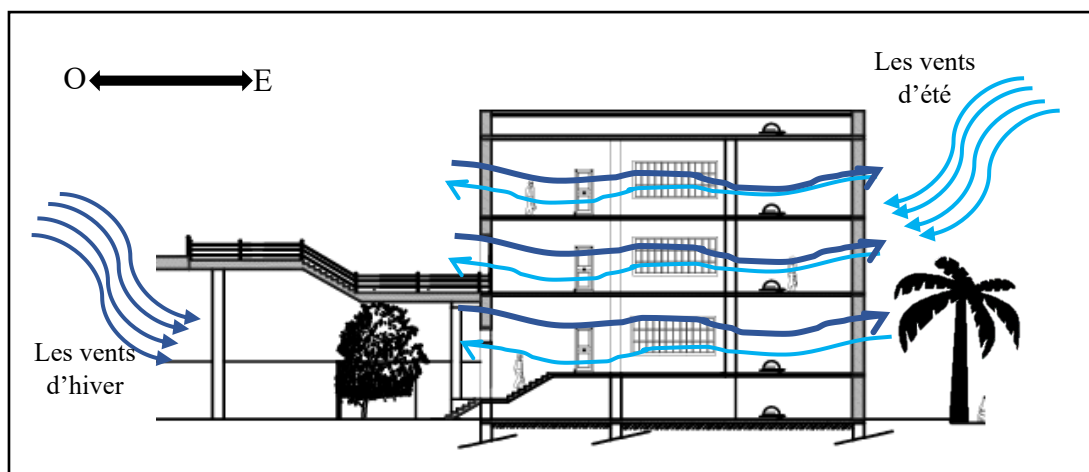
Le tableau suivant présente les différents apports solaires et apports des vents d'été et d'hiver exposants le site.

Tableau 8 : Analyse bioclimatique d'été et d'hiver de site.

Source : Auteur, 2024.

	Exposition aux vents dominants	Ensoleillement
En été	<p>Les vents d'été les plus dominants sont les vents frais soufflant du côté nord-est.</p> <p>Malgré La présence de quelques palmiers sur la façade sud-est, mais cela ne freine pas la vitesse du vent, ce qui engendre un flux d'air intense. L'air naturel d'été venant du côté nord-est pénètre par les ouvertures de la façade sud-est. Il se déplace grâce aux différences de pression dans les différents espaces du bâtiment par les ouvertures de transferts, et il s'évacue depuis les ouvertures situées sur la façade nord-ouest.</p>	<p>La course du soleil est plus longue qu'en hiver car en été les journées sont plus longues et par conséquent la durée d'ensoleillement est plus longue.</p> <p>La petite hauteur du bâtiment situé au côté sud-est de bâtiment (voir figure 17, p40) n'engendre pas une ombre portée sur le bâtiment, et malgré la présence de quelques palmiers mais ils ne présentent pas un obstacle aux apport solaire.</p>

En hiver	<p>Les vents froids venant du sud-ouest sont les plus dominants.</p> <p>Les vents d'hiver sont les plus dominants et les plus froids mais leurs vitesses se modifient à la rencontre des arbres situés sur le côté nord-ouest du bâtiment. Cela signifie que ces derniers sont considérés à la fois comme obstacle naturel qui freine la vitesse du vent et comme brise vent. L'aération des logements s'effectue par l'entrée de l'air neuf par les ouvertures situées sur la façade nord-ouest, l'air s'infiltré grâce aux différences de pressions dues au vent.</p> <p>L'air se déplace vers les autres espaces et s'évacue grâce aux ouvertures situées sur la façade sud-est.</p> <p>L'entre-sol ne dispose que de grilles d'aération sur la façade nord-ouest, l'aération à ce niveau n'est pas garantie. Le manque de cette dernière provoque des problèmes d'humidité</p>	<p>Il est connu que la course du soleil en hiver est plus courte qu'en été car en hiver les journées sont plus courtes et par conséquent la durée d'ensoleillement est plus courte.</p> <p>La petite hauteur du bâtiment situé au côté sud-est de bâtiment (voir figure 17, p40) engendre une ombre portée sur les 2 premiers niveaux de bâtiment seulement, à cet effet il l'empêche de profiter des apports solaires d'hiver la matinée comme l'après-midi dans ces deux niveaux seulement.</p>
----------	--	---

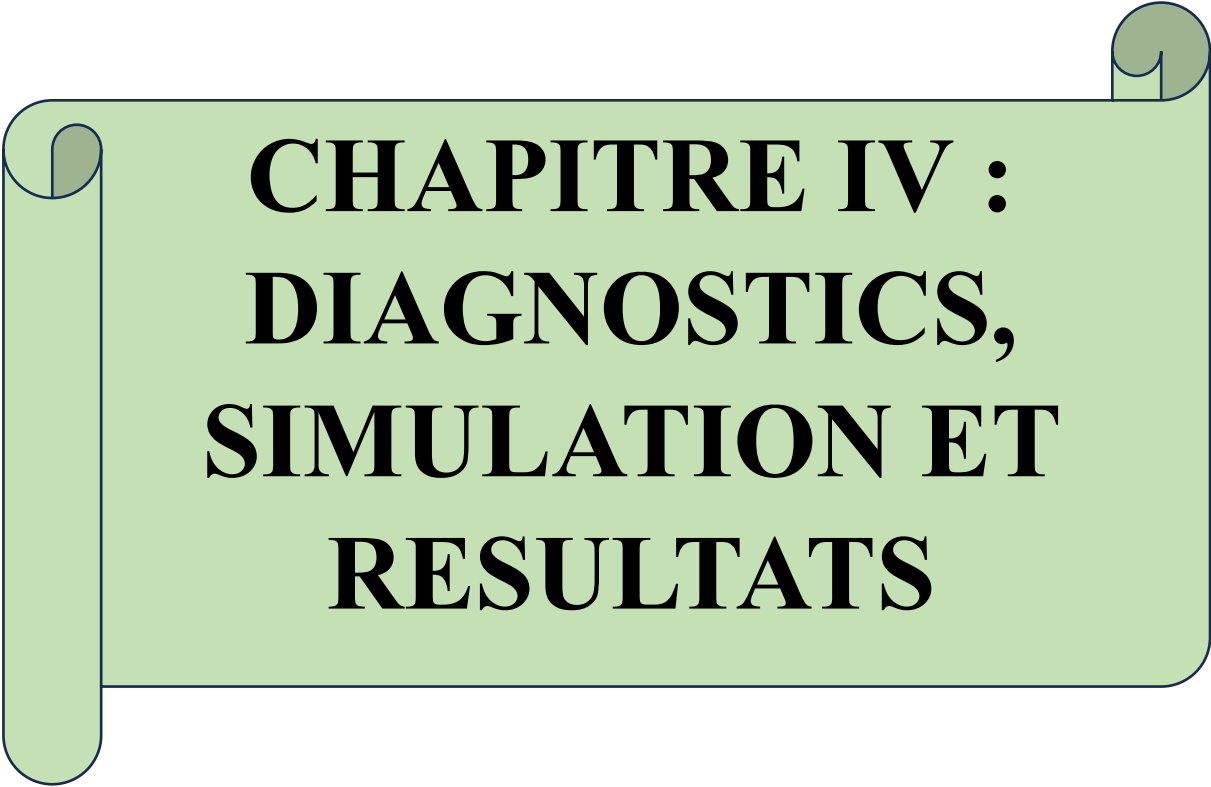


Conclusion :

À la lumière de l'analyse approfondie de l'environnement immédiat du bâtiment étudié à Alger Centre, il est possible de conclure ce chapitre en soulignant l'importance de l'intégration harmonieuse des interventions de réhabilitation dans leur contexte local. La compréhension des caractéristiques spécifiques de l'environnement urbain et architectural a été essentielle pour identifier les approches les plus adaptées à la réhabilitation énergétique du bâtiment.

Les solutions proposées tiennent compte non seulement des besoins fonctionnels et énergétiques, mais également du respect et de la valorisation du patrimoine architectural existant. Ces solutions, conçues en accord avec le contexte local, offrent des perspectives prometteuses pour préserver l'identité architecturale du bâtiment tout en améliorant son efficacité énergétique.

Les enseignements tirés de cette étude serviront de référence pour les efforts futurs de réhabilitation dans des contextes similaires, contribuant ainsi à la préservation durable du patrimoine bâti dans des environnements urbains historiques comme Alger Centre.



**CHAPITRE IV :
DIAGNOSTICS,
SIMULATION ET
RESULTATS**

Introduction :

Après avoir rassemblé des données du bâtiment à réhabiliter et de son environnement spécifique, nous avons atteint une étape cruciale de notre recherche. Forts de notre compréhension approfondie de ces derniers, nous pouvons désormais aborder les aspects pratiques de la réhabilitation énergétique.

Dans ce chapitre, nous détaillerons les démarches entreprises pour évaluer l'état actuel du bâtiment ainsi que les méthodes de simulation utilisées pour concevoir des solutions adaptées.

Nous commencerons par l'exposition du processus de diagnostic qui a permis d'identifier les points faibles en termes de performance énergétique et les opportunités d'amélioration. Ce diagnostic servira de base à la simulation des interventions possibles, permettant d'évaluer leur impact sur l'efficacité énergétique du bâtiment.

Ce chapitre constituera ainsi un pont essentiel entre la théorie et la pratique, en fournissant une feuille de route claire pour la mise en œuvre des solutions de réhabilitation énergétique. Les résultats obtenus guideront les prochaines étapes de notre projet, en posant les fondations pour une réhabilitation réussie et respectueuse du patrimoine architectural à Alger Centre.

IV.1 Diagnostic du cas d'étude :

IV.1.1 Le diagnostic patrimonial :

- **Période de construction et contexte historique :**

Le bâtiment a été construit en 1900 pendant la période coloniale française. Il s'inscrit dans le mouvement architectural néoclassique, caractérisé par l'utilisation de formes géométriques simples, de façades symétriques et de matériaux modernes tels que le béton armé et l'acier.

- **Modifications et interventions ultérieures :**

Le bâtiment n'a subi aucune modifications au cours de son histoire sauf les changements de son utilisation, il a d'abord été utilisé comme école de commerce. Après l'indépendance de l'Algérie, il a été converti en un département d'architecture de l'Université d'Alger1, il reste toujours un établissement public à caractère pédagogique.

Les détails de construction impliquent l'utilisation d'un mur porteur avec de la brique d'adobe, la construction sera détaillée dans le diagnostic technique.

- **Les éléments caractéristiques du bâtiment :**

Le bâtiment présente plusieurs éléments caractéristiques et uniques remarquables de l'architecture néoclassique, tels que :

- ❖ **Éléments architecturaux et ornementaux remarquables :**

- ✓ **Éléments architecturaux :**

L'architecture néoclassique, s'inspirant des temples et des édifices publics de la Grèce et de la Rome antiques, se caractérise par plusieurs éléments architecturaux distinctifs :

- **Ordre :** Colonnes et Fronton ;
- **Symétrie ;**
- **Frises et corniches :** Les frises et les corniches sont des bandes horizontales qui décorent la partie supérieure des murs et des entablements. Elles peuvent être sculptées de motifs décoratifs ou d'inscriptions.



Figure 31 : Département d'architecture d'Alger.

Source : Prise par auteur, 2024.



Figure 33 : Eléments architecturaux et ornementaux remarquables.

Source : Prise par auteur, 2024.



Figure 32 : Eléments architecturaux et ornementaux remarquables.

Source : Prise par auteur, 2024.

- ✓ **Éléments ornementaux remarquables de l'architecture néoclassique :**



L'architecture néoclassique utilise également une riche variété d'éléments ornementaux pour embellir ses édifices. Parmi les éléments présents dans le bâtiment, on trouve :

- **Les sculptures** pour décorer les façades, les frontons, les frises et les tympans du bâtiment néoclassiques. Elles représentent formes florales

IV.1.2 Le diagnostic technique :

- Une description globale de bâtiment : En bon état après la petite rénovation de (décembre 2023),
- Détails constructifs, dimensions des éléments constitutifs : mur porteur en adobe d'une épaisseur de 50 cm (voir les plans du bâtiment dans les annexes)
- Ouvertures : en raison de sa nature extravertie, le bâtiment se bénéficie de plusieurs fenêtres dans tous ses façades.

Tableau 9 : Diagnostique technique.
Source : Auteur, 2024.

Blocs	Elément	Technique de construction // Couverture	Matériaux
Néo-classique	Planchers et dalles	Plancher en brique voutés 	Bois, métal, brique rouge,
	Les murs		Brique argileux, mortier pour le collage

IV.1.3 Le diagnostic énergétique :

Malgré l'absence de données précises sur la consommation électrique passée du bâtiment, une simulation énergétique a révélé une consommation excessive, notamment pour la climatisation (117 770 kWh) et le chauffage (3 380,71 kWh). Ces résultats, illustrés par les figures 40 et 41 dans la page 64, mettent en évidence la nécessité d'optimiser la performance énergétique du bâtiment.

IV.2 La simulation du cas d'étude :

IV.2.1 Présentation des cas étudiés :

Une simulation complète a été réalisée pour analyser et valoriser la consommation d'énergie du tout le bâtiment, le processus d'optimisation a tenu compte non seulement de l'efficacité énergétique, mais aussi de la préservation de sa valeur patrimoniale.

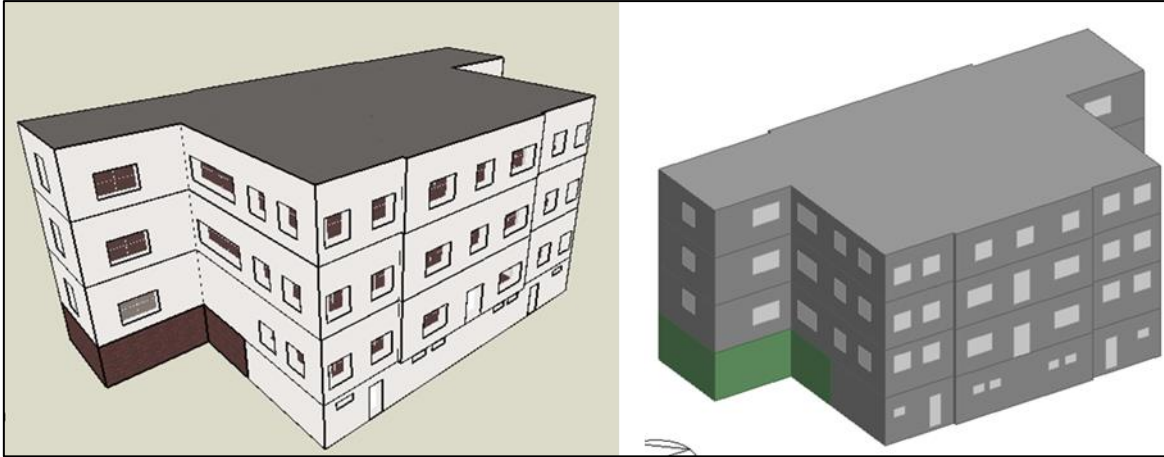


Figure 34 : Modèle 3D de bâtiment dans Design Builder.
Source : Auteur, 2024.

IV.2.2 Présentation du logiciel de simulation :

Design Builder est un logiciel de modélisation thermique convivial pour la modélisation des bâtiments et capable d'une grande variété de paramètres de performance environnementale, ce logiciel, nous permet de :¹⁹

- Générez un large éventail de résultats et de rapports pour nous aider à comparer les performances des alternatives de conception.
- Optimiser le bâtiment à n'importe quelle étape de la conception en fonction des objectifs du client.
- Modélisez même des bâtiments complexes avec un minimum de temps et d'efforts.
- Importez les données de conception BIM et CAO existantes pour nous donner une longueur d'avance dans la saisie des données.
- Générez des images et des vidéos impressionnantes.
- Simplifiez la simulation thermique EnergyPlus.

Modules du logiciel :²⁰

- Modélisateur 3D - Le module de base, notre modélisateur de bâtiment 3D efficace.

CHAPITRE IV : DIAGNOSTIC, SIMULATION ET RESULTATS

- Visualisation : Superbes images rendues et analyse de l'ombrage du site.
- Certification - Calculs EPC et Part-L2 au Royaume-Uni et en Irlande.
- Simulation - Simulations EnergyPlus pour les analyses d'énergie et de confort.
- Lumière du jour - Signale les facteurs de lumière du jour et l'éclairage à l'aide de Radiance.
- CVC - Une interface puissante et flexible pour EnergyPlus HVAC.
- Coût - Estimation du coût de construction à un stade précoce.
- Calcule LEED - LEED EA p2 et ASHRAE 90.1.
- Optimisation - Optimisation multicritère pour aider à atteindre les objectifs de conception.
- Scripting - Personnalisez les simulations EnergyPlus à l'aide d'EMS ou de FMU.
- CFD - Computational Fluid Dynamics calcule la distribution des propriétés de l'air dans et autour des bâtiments.

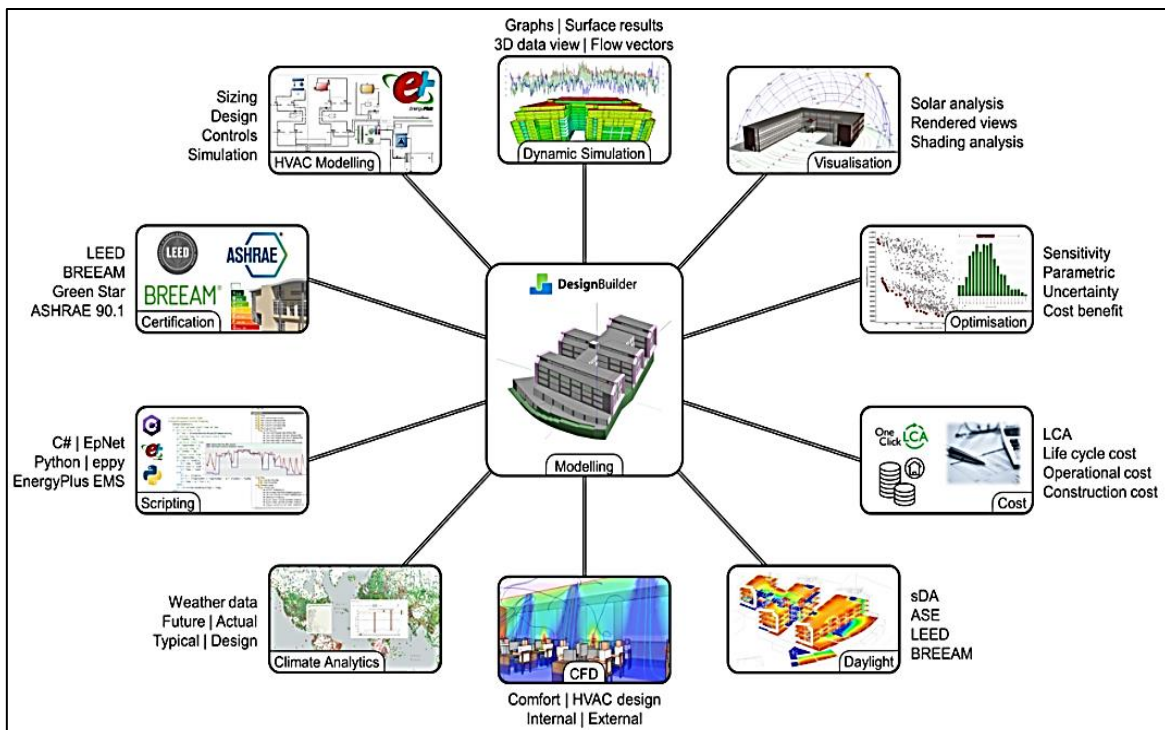


Figure 35 : Modules de Design Builder.

Source : <https://designbuilder.co.uk/helpv7.0/index.htm>

IV.2.3. Méthodologie de simulation :

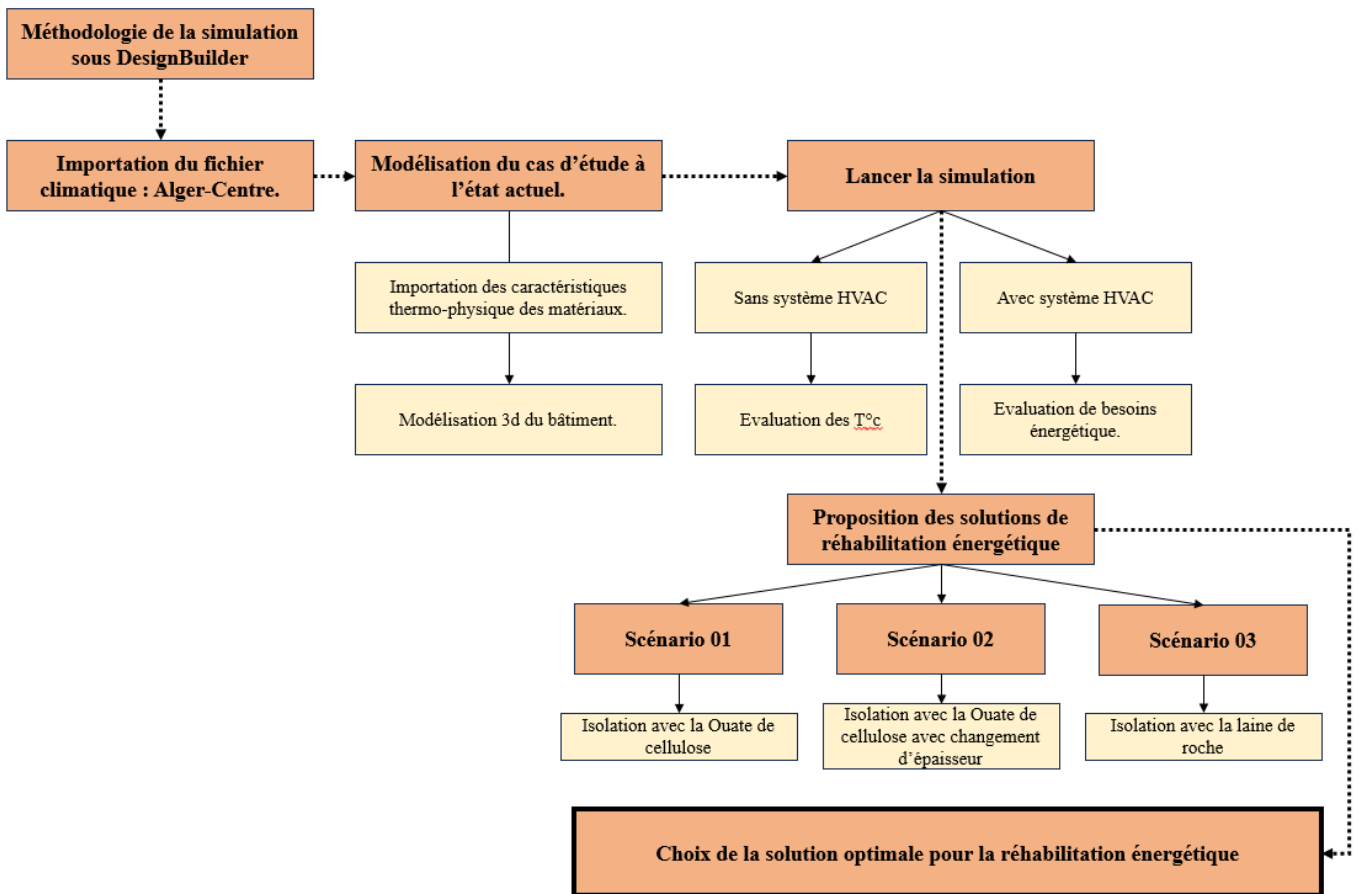


Figure 36 : Méthodologie de la simulation.
Source : Auteur, 2024.

Tableau 10 : Températures moyennes mensuelles d'Alger centre.
Source : Auteur, 2024.

Températures moyennes mensuelles (°C)											
Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
10.1	10.9	13.4	15.5	19	23.1	25.8	26.2	23.2	20.1	14.6	11.7

IV.2.4. Simulation et interprétation des résultats :

Caractéristiques thermo-physiques des matériaux utilisés dans la simulation :

Tableau 11 : Caractéristiques thermo-physiques des matériaux utilisés dans la simulation.
Source : Auteur, 2024.

	Elément	Composition	E (cm)	λ (w/m ² .K)	ρ (Kg/m ³)	C (J/Kg.K)	U (w/m ² . K)
Etat actuel	Murs extérieurs	Adobe	55	0.6	1700	700	0.88
	Toiture		30				1.3
	Vitrage	Simple	U= 5.71 w/m ² .K				
Les scenario proposés	Murs extérieurs	Ouate de cellulose	10	0.04	48	1381	0.27
			20				0.16
	avec isolant	Laine de roche	20	0.047	92	840	0.18
			Toiture	Ouate de cellulose	20	0.04	48
	avec isolant	Laine de roche			20	0.047	92
			Cloison	Adobe	15	0.6	1700
	Vitrage	Double (air)	U= 2.78 w/m ² .K				
Vitrage	Double (arg)	U= 2.6 w/m ² .K					

IV.2.2.1 Etat actuel :

Mur extérieur : en Brique d'adobe U= 0.88 W/m².K



Figure 37 : Modélisation de l'état actuel des murs extérieurs.

Source : Auteur, 2024.

Toiture : en Brique d'adobe $U= 1.3 \text{ W/m}^2.K$

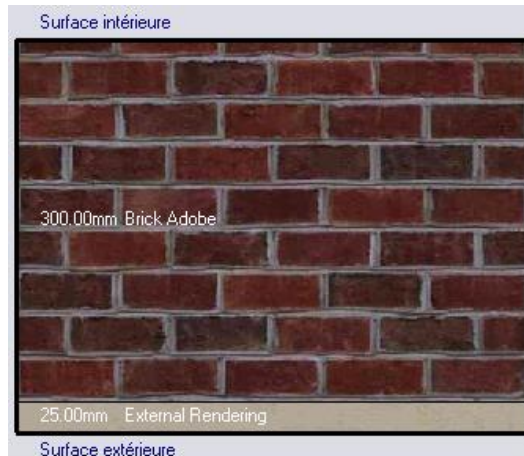


Figure 38 : Modélisation de l'état actuel de la toiture.
Source : Auteur, 2024.

Fenêtres : Simple vitrage $U= 5.7 \text{ W/m}^2.K$

A. Résultats de simulation :

Confort thermique sans CVC (HVAC) (Heating, cooling, air conditioning) :

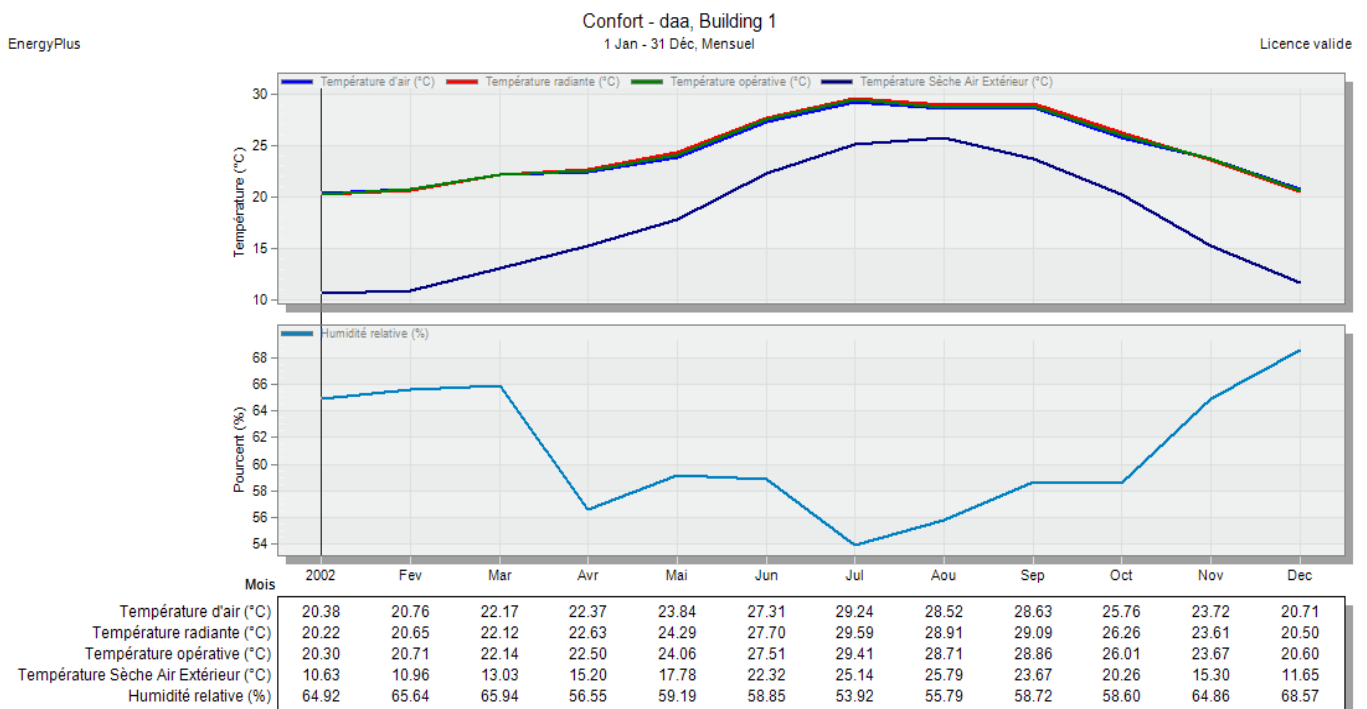


Figure 39 : Evaluation des températures intérieures dans l'état actuel.

Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

Besoin en chauffage : 3380.71 KWh

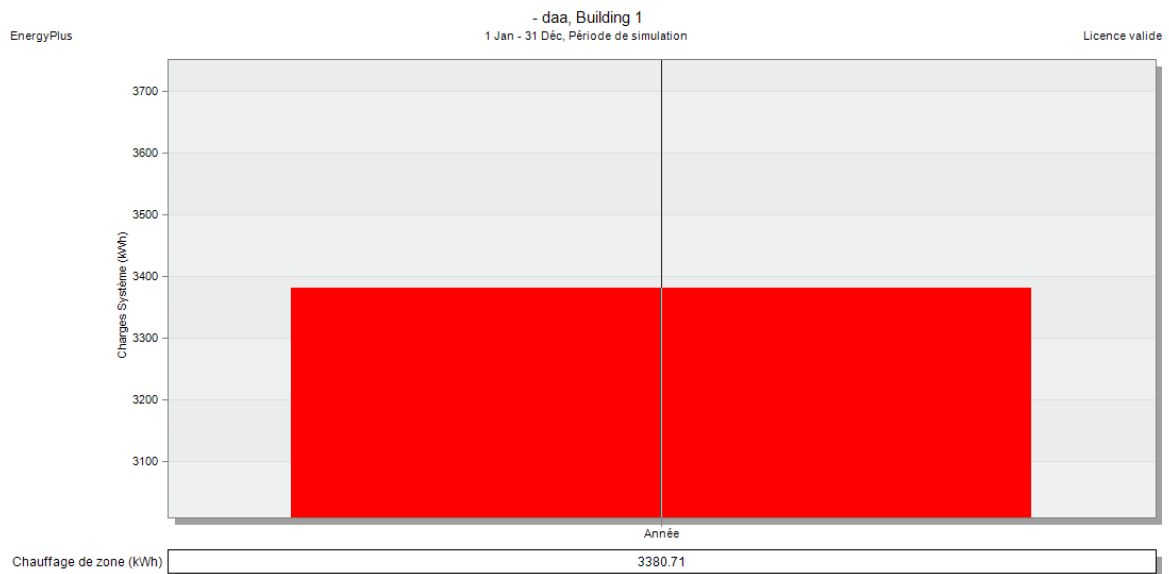


Figure 40 : Besoin en chauffage dans l'état actuel.
Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

Besoin en climatisation : 117770 KWh

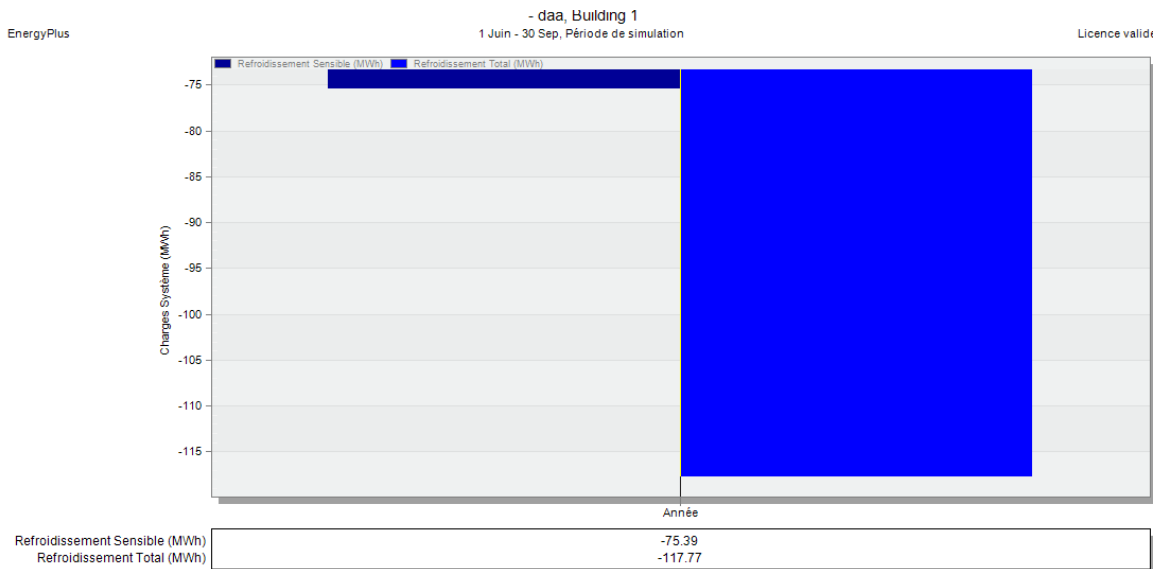


Figure 41 : Besoin en climatisation dans l'état actuel.
Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

B. Interprétation des résultats :

Les résultats montrent une surconsommation de chauffage et surtout de climatisation ce qui reflètent un bâtiment mal isolé, et ce qui est typique pour un bâtiment ancien de type colonial, surtout dans un climat comme celui d'Alger, où les étés sont chauds et les besoins en climatisation sont élevés

IV.2.2.2 Scénarios proposés :

A. Scénario 01 : Ajout de l'isolant Ouate de cellulose :

Murs extérieurs : Ajout de 10 cm de l'isolant par l'intérieur $U = 0.27 \text{ W/m}^2.\text{K}$



Figure 42 : Modélisation de l'état amélioré des murs extérieur.
Source : Auteur, 2024.

Toiture : Ajout de 20 cm de l'isolant par l'intérieur $U = 0.17 \text{ W/m}^2.\text{K}$



Figure 43 : Modélisation de l'état amélioré de la toiture.
Source : Auteur, 2024.

Fenêtres : Double vitrage.

- Résultats de simulation :

Confort thermique :

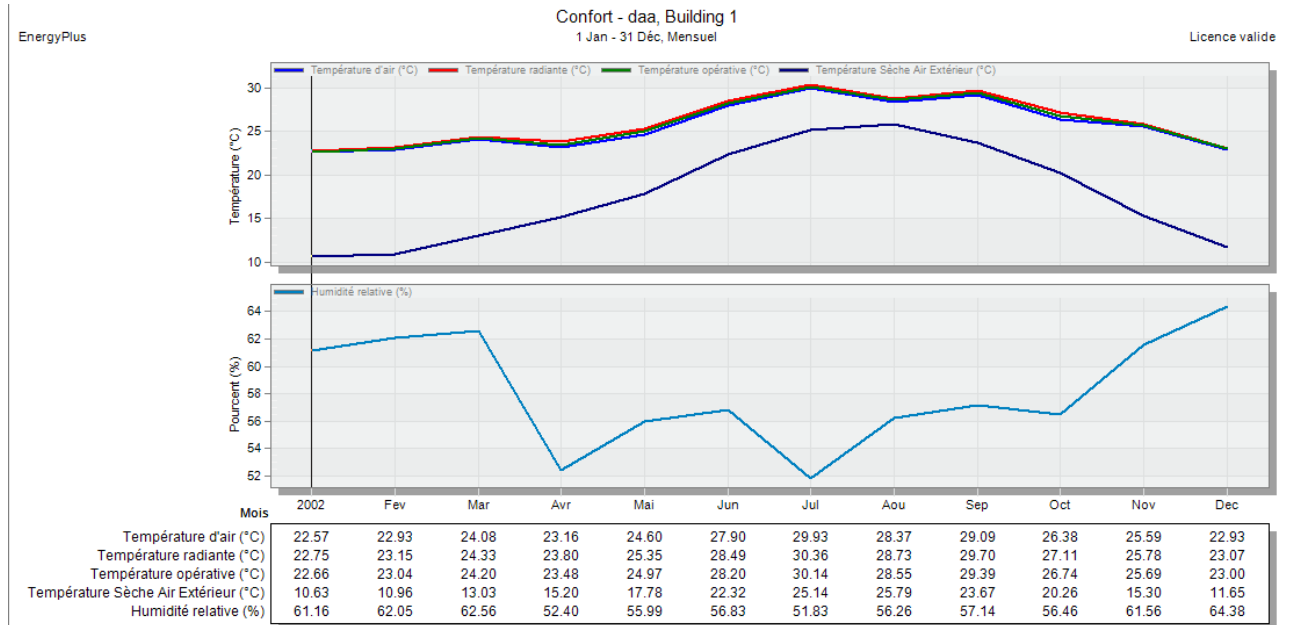


Figure 44 : Evaluation des températures intérieures dans l'état amélioré –scénario01-.
Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

Besoin en chauffage : 1552.73 KWh

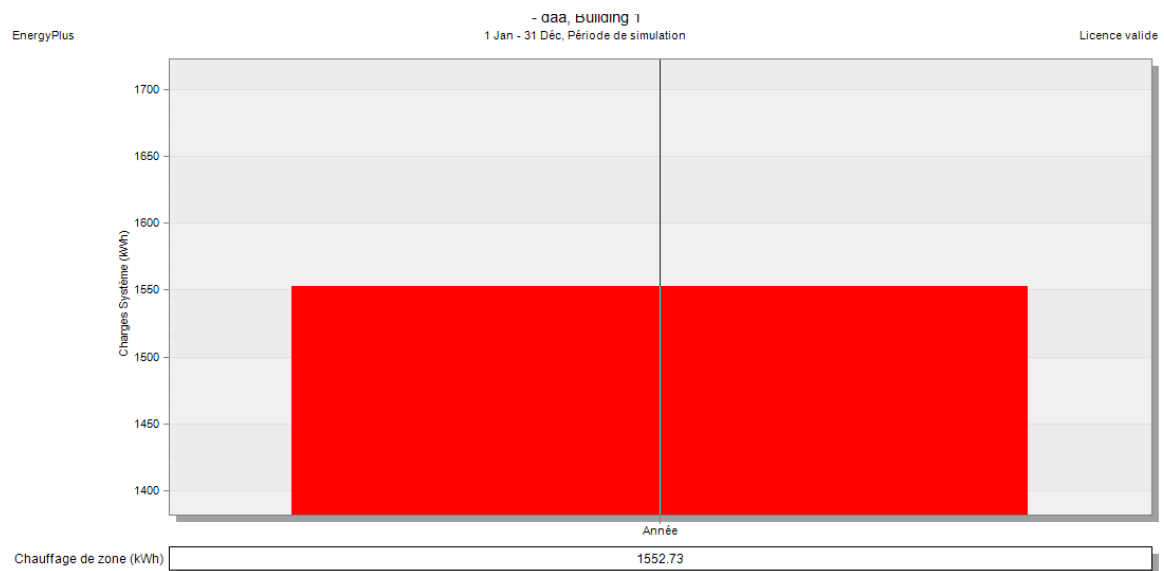


Figure 45 : Besoin en chauffage dans l'état amélioré –scénario01-.
Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

Besoin en climatisation : 113550 KWh

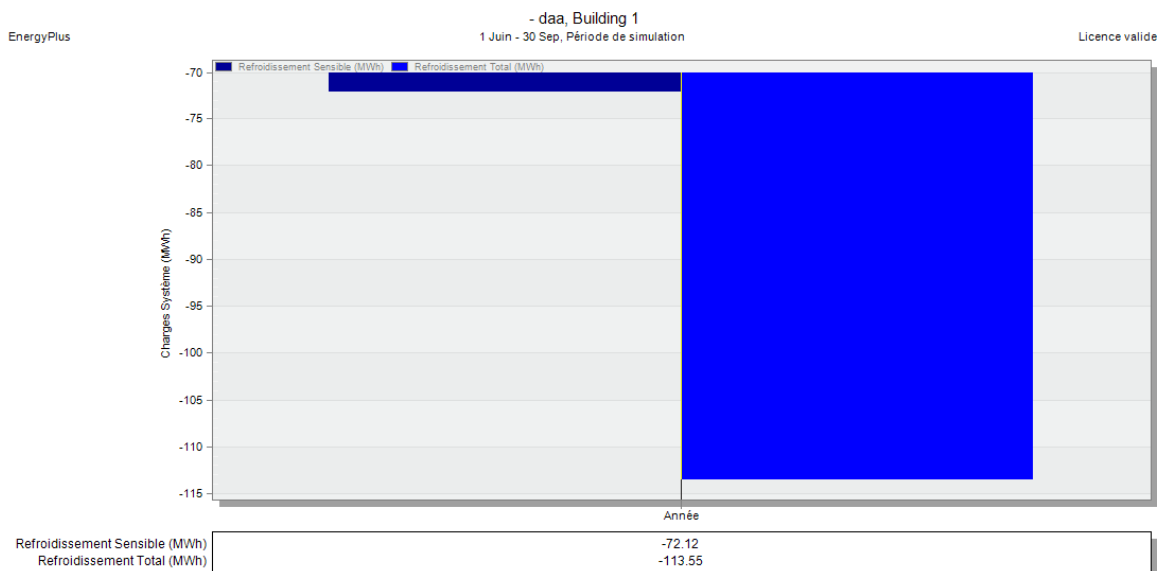


Figure 46 : Besoin en climatisation dans l'état amélioré –scénario01-.

Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

- **Interprétation des résultats :**

Les résultats de ce scénario montrent une réduction significative par rapport à l'état actuel des besoins de chauffage, mais l'effet sur les besoins en climatisation reste limité.

B. Scénario 02 : changement d'épaisseur de l'isolation et le type de vitrage :

Murs extérieurs : augmentation de l'épaisseur de l'isolation à 20 cm.

Fenêtres : changement de type de vitrage/ Double vitrage avec argon.

- **Résultats de simulation :**

Besoin en chauffage : 1290.77 KWh

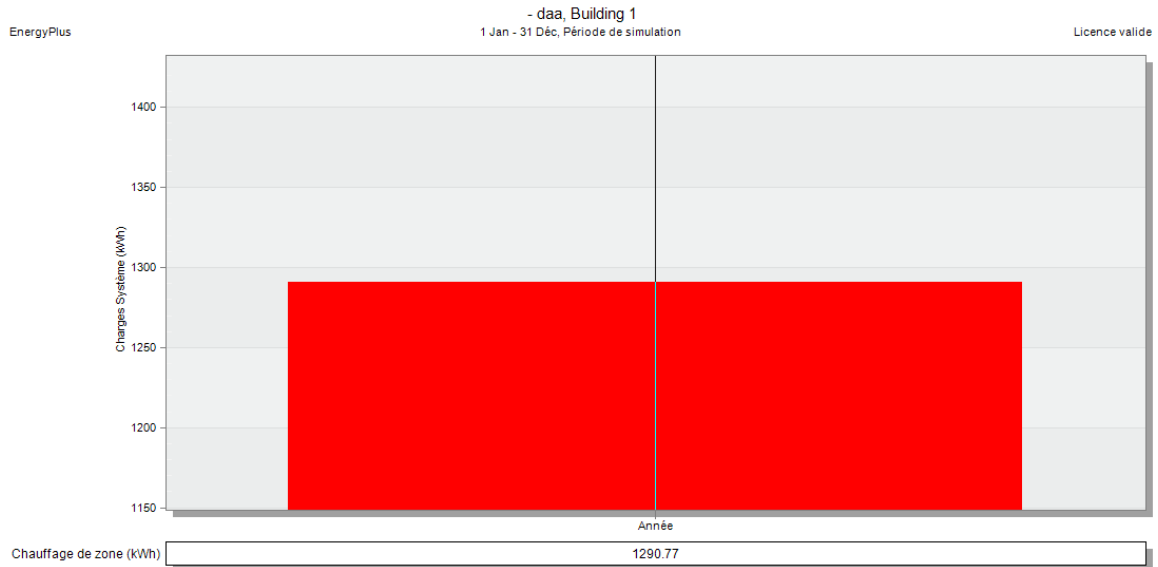


Figure 47 : Besoin en chauffage dans l'état amélioré –scénario02-.
Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

Besoin en climatisation : 111700 KWh

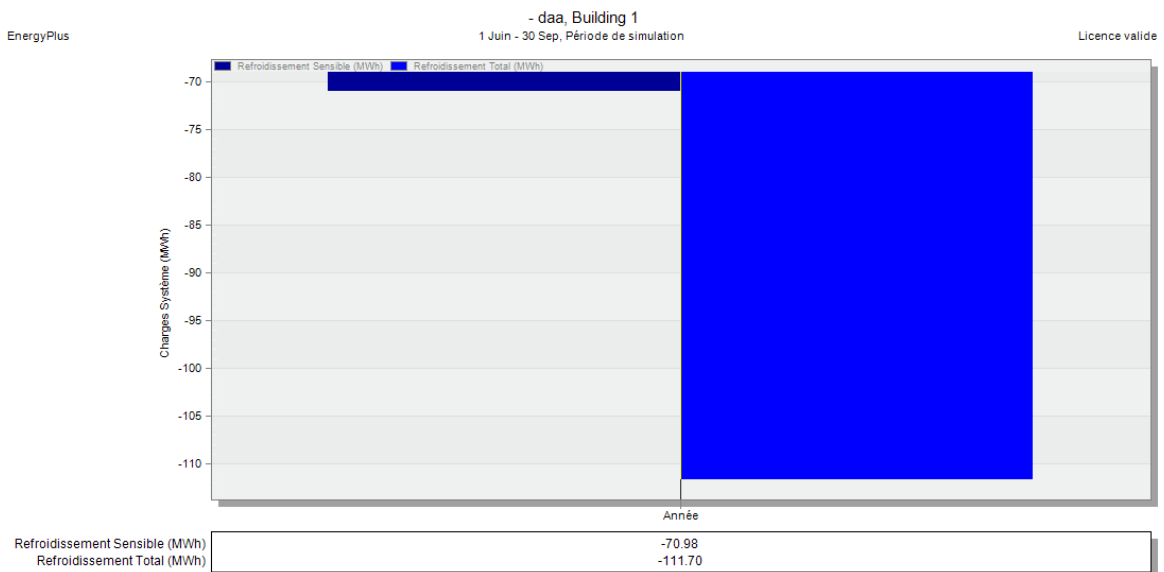


Figure 48 : Besoin en climatisation dans l'état amélioré –scénario02-.
Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

- **Interprétation des résultats :**

Ce scénario est le meilleur par rapport au premier scénario, réduisant le plus efficacement les besoins en chauffage et en climatisation.

C. Scénario 03 : changement de type d'isolant, utilisation de la laine de roche :

Murs extérieurs : 20 cm de l'isolant

Toiture : 20 cm de l'isolant

- **Résultats de simulation :**

Besoin en chauffage : 1322.74 KWh

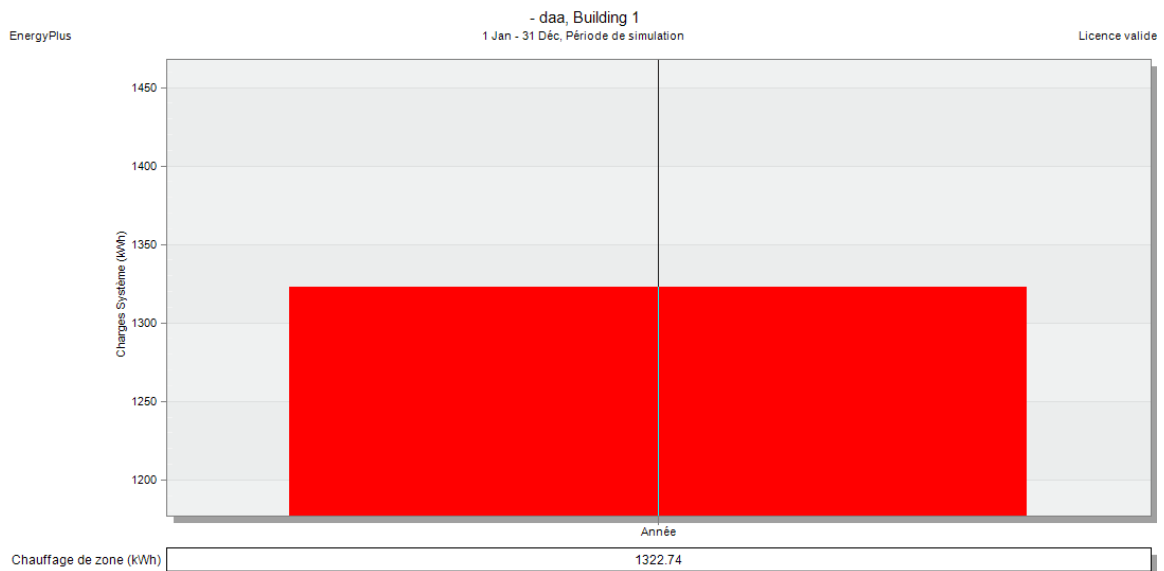


Figure 49 : Besoin en chauffage dans l'état amélioré –scénario03-.
Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

Besoin en climatisation : 111720 KWh

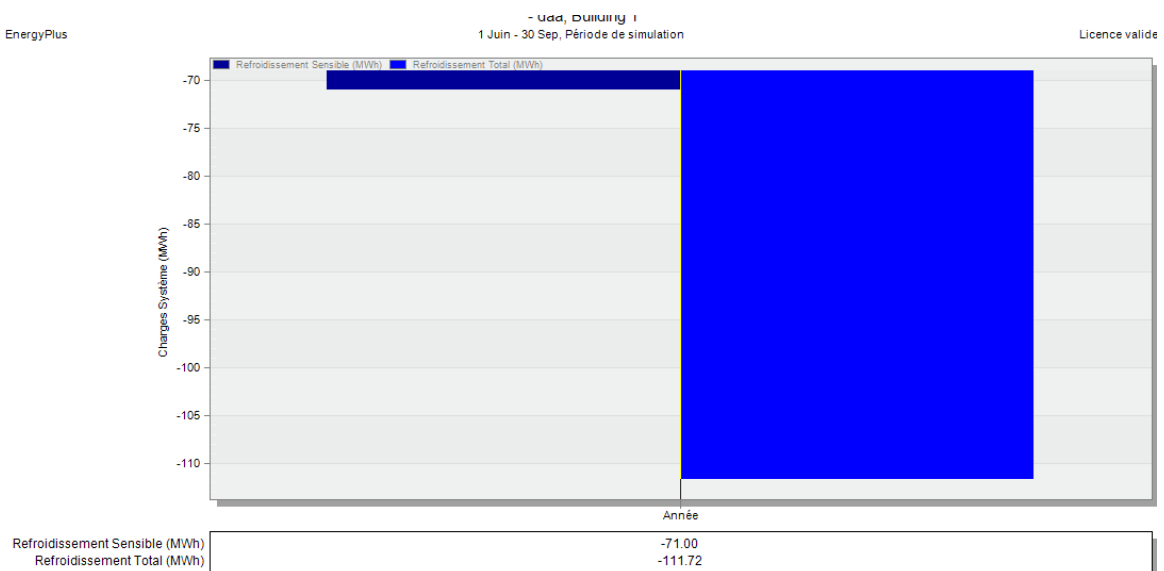


Figure 50 : Besoin en climatisation dans l'état amélioré –scénario03-.
Source : DesignBuilder, auteur, 2024.

- **Interprétation des résultats :**

La laine de roche offre une amélioration proche du scénario 02, mais avec une performance légèrement inférieure.

		Besoin de chauffage (KWh)	Besoin de climatisation (KWh)
Etat actuel		3380.71	117770
Réhabilitation	Scénario 01	1552.73	113550
	Scénario 02	1290.77	111700 (meilleur scénario)
	Scénario 03	1322.74	111720

En conclusion, le bâtiment dans son état actuel consomme beaucoup d'énergie, ce qui est cohérent avec son âge et ses matériaux. Les scénarios de réhabilitation montrent des réductions significatives des besoins énergétiques en chauffage. Pour la climatisation même après la réhabilitation, les besoins restent élevés, soulignant l'importance d'intégration d'autres solutions et stratégies de gestion thermique tels que :

- Utilisation des protections solaire pour la façade sud pour minimiser la pénétration des rayonnements solaires.
- Favoriser la ventilation naturelle et nocturne pour dissiper la chaleur accumulée à l'intérieur du bâtiment.
- Installation des systèmes de climatisation a haute efficacité énergétique.
- Utilisation des énergies renouvelables tels que les panneaux solaires photovoltaïques.

Conclusion :

Ce chapitre marque la concrétisation des connaissances acquises dans les chapitres précédents, en illustrant leur application pratique dans notre projet. En intégrant les enseignements tirés de l'analyse des exemples, nous avons pu adapter et appliquer ces connaissances pour une compréhension approfondie du bâtiment étudié.

La réussite de la réhabilitation énergétique a été facilitée par l'utilisation d'un logiciel de simulation avancé, qui a permis de déterminer le scénario optimal en équilibrant les exigences de préservation du patrimoine architectural et d'amélioration des performances énergétiques. Cette approche a non seulement respecté l'intégrité historique du bâtiment, mais a également permis d'atteindre des objectifs significatifs en termes d'efficacité énergétique.

Ce chapitre démontre que nous avons réussi à réhabiliter énergétiquement le bâtiment tout en préservant son héritage architectural. Cette réussite constitue un modèle pour l'avenir, alliant harmonieusement conservation du passé et optimisation des performances énergétiques.



**CONCLUSION
GENERALE**

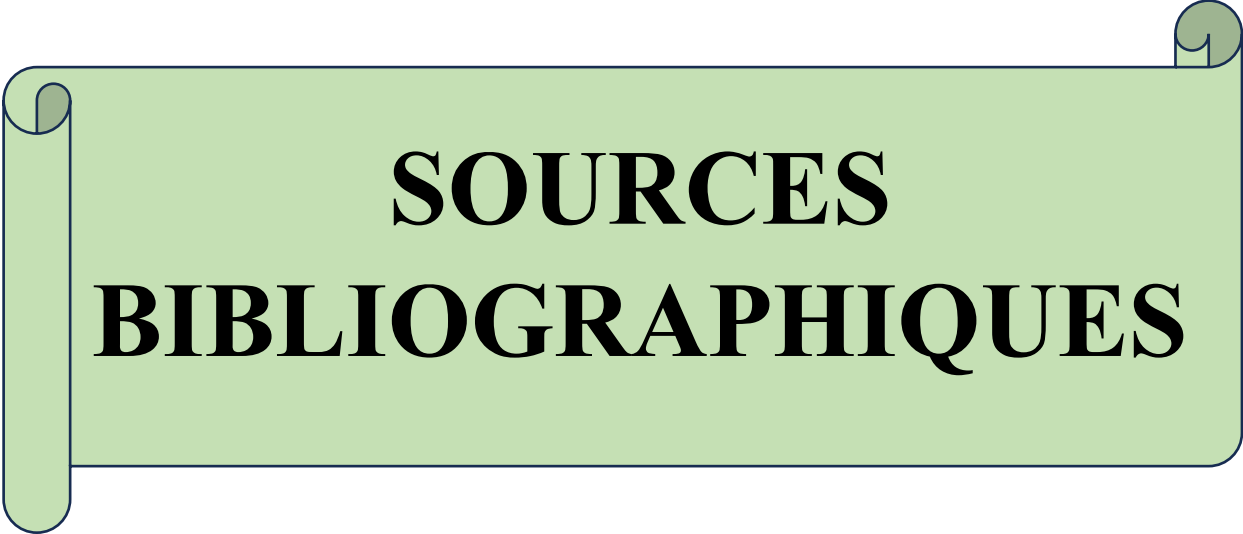
CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire s'inscrit dans la démarche de réhabilitation énergétique des bâtiments patrimoniaux en cherchant à concilier la préservation du patrimoine architectural et l'optimisation des performances énergétiques. L'étude menée sur le bâtiment choisi à Alger Centre a démontré qu'il est possible d'améliorer significativement l'efficacité énergétique d'un édifice tout en respectant ses caractéristiques historiques et architecturales.

En adoptant une approche méthodique, combinant des outils de simulation performants et des techniques de réhabilitation appropriées, nous avons pu évaluer les solutions les plus adaptées pour réduire la consommation d'énergie et améliorer le confort thermique des occupants. L'isolation de l'enveloppe du bâtiment a été identifiées comme un leviers clés pour atteindre ces objectifs, tout en maintenant l'intégrité du patrimoine.

Les résultats obtenus confirment que l'usage de stratégies passives est important pour assurer une réhabilitation énergétique réussie. Les interventions passives, comme l'amélioration de l'isolation thermique permet de maximiser les économies d'énergie et assurer un niveau haut du confort thermique tout en respectant l'esthétique et l'histoire du bâtiment.

En conclusion, ce travail montre qu'une réhabilitation énergétique bien réfléchi et adaptée au contexte spécifique du bâtiment peut non seulement améliorer la durabilité de ce dernier, mais également servir de modèle pour d'autres projets similaires. Des recherches futures pourront se concentrer sur l'affinement des méthodes de simulation et sur l'évaluation de solutions encore plus innovantes en matière de stratégies actives. Ainsi, nous espérons que cette étude contribuera à un dialogue continu sur la réhabilitation durable du patrimoine bâti.



**SOURCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

Thèses et mémoires :

- N.Bounane Kentouche, 2008, « LE PATRIMOINE ET sa place dans LES POLITIQUES URBAINES algériennes », Thèse de magister, UNIVERSITE MENTOURI FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE GEOGRAPHIE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE.
- N. Kadri et A. Mokhtari, 2011, Contribution à l'étude de réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâtiment, mémoire magister, université de la Science et de la Technologie Mohamed Boudiaf, Msila.
- N.Nait, 2011, la réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants, thèse de magister, université Mentourie de Constantine, 2011.
- N.Mammeri et A.Mansouri, 2017, LA REHABILITATION ENERGETIQUE DU PATRIMOINE BATI Cas de la cité Aéro-habitat d'Alger, mémoire du master , Faculté de Technologie université de Bejaïa.
- I.Cherchabil, 2016, Réhabilitation énergétique du bâtiment existant en Algérie Cas d'étude : quartier Montpensier-Blida, mémoire du master , institut d'architecture et d'urbanisme université de Blida1.
- R.Benguessoum , 2020, POUR UNE RÉHABILITATION ÉNERGÉTIQUE DU PARC IMMOBILIER SCOLAIRE EN ALGÉRIE CAS DU LYCÉE ZINE MOHAMED BEN RABAH À KAOUS, JIJEL, mémoire du master , Département d'Architecture Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel.
- C.SELLAMA, H.MESSIBAH et I.BOULKARAA, 2019, LA RENOVATION ENERGETIQUE DANS L'HABITAT COLLECTIF EN ALGERIE : VERS UNE STRATEGIE D'EFFICACITE, mémoire du master , Département d'Architecture Université Mohamed Seddik BENYAHIA – Jijel.
- A.lebhari et C.bensaber, 2018, Création d'un catalogue des ORNEMENTS ARCHITECTURAUX CAS DU CENTRE-VILLE DE MOSTAGANEM, mémoire du master, département de génie civil& architecture université Abdelhamid ibn badis Mostaganem.

Rapport et documents techniques

- Ministère de la transition écologique. (2019). Le changement climatique, en ligne : [ONERC Panneaux expo CCC MAJ-2019 800x1100 DEFweb.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ONERC_Panneaux_expo_CCC_MAJ-2019_800x1100_DEFweb.pdf)

SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Rapport de Solutions et Techniques pour un Bâtiment Efficient - Conception d'une maison performante. (2022).
- UN environnement programme. (2022). RAPPORT SUR L'ÉTAT MONDIAL DES BÂTIMENTS ET DE LA CONSTRUCTION EN 2022 - Vers un secteur des bâtiments et de la construction à émission zéro, efficace et résilient, 14 p, en ligne : [FRENCH Executive Summary Buildings-GSR.pdf \(globalabc.org\)](#)

Publications :

- **APPRUE. (2017).** La consommation énergétique finale. 16 p. Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, en ligne : [Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie \(aprue.org.dz\)](#)
- **CREBA. (2019).** Maison individuelle en terre crue en Occitanie. 17 p.
- **Denker A., et al. (2014).** Pour une construction éco énergétique en Algérie. 286 p.
- **Ministère de la transition écologique. (2019).** Le changement climatique, en ligne : [ONERC Panneaux expo CCC MAJ-2019_800x1100_DEFweb.pdf](#)
- **UN environnement programme. (2022).** RAPPORT SUR L'ÉTAT MONDIAL DES BÂTIMENTS ET DE LA CONSTRUCTION EN 2022. 14 p.
- **Choay F. (1992).** L'Allégorie du patrimoine. p. 09.
- **James D. Fearon. (1999).** WHAT IS IDENTITY (AS WE NOW USE THE WORD)??. Department of Political Science Stanford University. p. 7.

Articles :

- **ALGERIE ECO. (2017).** Bâtiment : L'efficacité énergétique en débat, en ligne : <https://www.algerie-eco.com/2017/04/17/batiment-lefficacite-energetique-debat/>
- **Minassain H T. (2011).** La réhabilitation thermique des bâtiments anciens à Paris : comment concilier protection du patrimoine et performance énergétique ?. *Cybergeog: European Journal of Geography*, en ligne : <https://doi.org/10.4000/cybergeog.23737>
- **National Géographique. (2021).** Le réchauffement climatique bouleverse la migration des oiseaux, en ligne : <https://www.nationalgeographic.fr/animaux/le-rechauffement-climatique-bouleverse-la-migration-des-oiseaux>

SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

Revues :

- **Les causes. (2015).** Construction en terre crue : les besoins en réhabilitation et la recherche de matériaux écologiques et sains nous invitent à découvrir la terre crue.

Sites Internet :

- **Biohome. (s. d.).** Les stratégies thermiques passives pour une construction, en ligne : <https://www.biohome.info/strategies-thermiques-passives/>
- **Caroline. (s. d.).** Rénovation thermique : Définition, travaux & aides, en ligne : <https://ekwateur.fr/blog/ma-consommation-d-energie/renovation-thermique/>
- **Climate consulting. (2023).** Neutralité carbone : définition, objectif 2050, stratégie, en ligne : <https://climate.selectra.com/fr/empreinte-carbone/neutralite>
- **DesignBuilder. (s. d.).** Simulation made easy, en ligne : <https://designbuilder.co.uk/>
- **education. (s. d.).** Favoriser la rénovation des établissements publics, en ligne : <https://www.education.gouv.fr/la-renovation-energetique-des-batiments-scolaires-307398>
- **ifaw. (2022).** L'impact du changement climatique sur les animaux de notre planète, en ligne : <https://www.ifaw.org/fr/journal/impact-changement-climatique-animaux>
- **La maison saint-gobain. (s. d.).** Construction et rénovation en terre crue, en ligne : [Construction en terre crue : Toutes les façons de l'utiliser \(lamaisonsaintgobain.fr\)](http://lamaisonsaintgobain.fr)
- **La Pierre d'Angle. (2023).** Réhabilitation énergétique et confort thermique, en ligne : <https://anabf.org/pierredangle/dossiers/renover-l-ancien/rehabilitation-energetique-et-confort-thermique>
- **Le robert. (2010).** Dictionnaire Français, développement bureau van Dijk, Bruxelles, en ligne : <http://www.le-dictionnaire.com/>
- **Mapcarta. (s. d.).** Alger-centre, en ligne : <https://mapcarta.com/fr/34754118>
- **MATERIAUX. (s. d.).** 7 clés essentielles pour un bon confort thermique, en ligne : <https://www.materiaux-naturels.fr/dossier/87-confort-thermique>
- **Meteoblue. (s. d.).** Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Alger, en ligne : [Simulation de données climatiques et météorologiques historiques pour Alger - meteoblue](https://www.meteoblue.com/fr/meteorologie/simulation-de-donnees-climatiques-et-meteorologiques-historiques-pour-alger)
- **MOOC Bâtiment durable. (s. d.).** Concept de maîtrise de l'énergie, en ligne : <https://seize-maitrise-energie.fr/concept-de-maitrise-de-lenergie/>

SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **SEIZE. (s. d.).** Concept de maîtrise de l'énergie, en ligne : <https://seize-maitrise-energie.fr/concept-de-maitrise-de-lenergie/>
- **Site Officiel de la Mairie d'Alger centre,** en ligne : <https://apc-algercentre.dz/>
- **Terres à pisé. (s. d.).** Réhabiliter le bâti ancien en terre crue : Transmettre des modes d'intervention, en ligne : <https://terrespise.hypotheses.org/contexte-et-enjeux/rehabiliter-le-bati-ancien-une-architecture-ordinaire-qui-devient-patrimoine/rehabiliter-le-bati-ancien-en-terre-crue-transmettre-des-modes-dintervention-28>
- **UNESCO. (2022).** New research and action agenda on culture, heritage and climate change now available online, en ligne: <https://whc.unesco.org/en/news/2492/>
- **WocomODOCS. (2015).** L'ère de l'Homme. [Documentaire], en ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=1IHgbz8Cf-k>
- **Youmatter. (2024).** Développement Durable : définition, histoire et enjeux, en ligne : <https://youmatter.world/fr/definitions/definition-developpement-durable/>

Références

- ¹ WocomoDOCS. (2015). L'ère de l'Homme. [Documentaire]. <https://www.youtube.com/watch?v=1IHgbz8Cf-k>
- ² National Géographique. (2021). Le réchauffement climatique bouleverse la migration des oiseaux. <https://www.nationalgeographic.fr/animaux/le-rechauffement-climatique-bouleverse-la-migration-des-oiseaux>
- ³ ifaw. (2022). L'impact du changement climatique sur les animaux de notre planète. <https://www.ifaw.org/fr/journal/impact-changement-climatique-animaux>
- ⁴ Ministère de la transition écologique. (2019). Le changement climatique. ONERC_Panneaux_expo_CCC_MAJ-2019_800x1100_DEFweb.pdf (ecologie.gouv.fr)
- ⁵ Denker A., et all. (2014). Pour une construction éco énergétique en Algérie. 13 p.
- ⁶ UN environnement proramme. (2022). RAPPORT SUR L'ÉTAT MONDIAL DES BÂTIMENTS ET DE LA CONSTRUCTION EN 2022- Vers un secteur des bâtiments et de la construction à émission zéro, efficace et résilient. p. 4, 8. [FRENCH Executive Summary Buildings-GSR.pdf](FRENCH_Executive_Summary_Buildings-GSR.pdf) (globalabc.org)
- ⁷ Youmatter. (2024). Développement Durable : définition, histoire et enjeux – Qu'est-ce que le développement durable ?. <https://youmatter.world/fr/definitions/definition-developpement-durable/>
- ⁸ SEIZE. (s. d.). Concept de maîtrise de l'énergie. <https://seize-maitrise-energie.fr/concept-de-maitrise-de-lenergie/>
- ⁹ MOOC Bâtiment durable. (s. d.). Concept de maîtrise de l'énergie. <https://seize-maitrise-energie.fr/concept-de-maitrise-de-lenergie/>
- ¹⁰ Climate consulting. (2023). Neutralité carbone : définition, objectif 2050, stratégie. https://climate.selectra.com/fr/empreinte-carbone/neutralite_carbone
- ¹¹ APPRUE. (2017). La consommation énergétique finale. p. 2. [Agence Natioanle pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Enegrie](Agence_Natioanle_pour_la_Promotion_et_la_Rationalisation_de_l'Utilisation_de_l'Enegrie) (aprue.org.dz)
- ¹² ALGERIE ECO. (2017). Bâtiment : L'efficacité énergétique en débat. <https://www.algerie-eco.com/2017/04/17/batiment-lefficacite-energetique-debat/>
- ¹³ education. (s. d.). Favoriser la rénovation des établissements publics. <https://www.education.gouv.fr/la-renovation-energetique-des-batiments-scolaires-307398>
- ¹⁴ Back M., Zimmermann S (2005). p. 309.
- ¹⁵ Choay F. (1992). L'Allégorie du patrimoine. p. 09.

¹⁶ James D. Fearon. (1999). WHAT IS IDENTITY (AS WE NOW USE THE WORD)?. Department of Political Science Stanford University , Stanford. p. 7.

¹⁷ UNESCO. (2022). New research and action agenda on culture, heritage and climate change now available online. <https://whc.unesco.org/en/news/2492/>

¹⁸ Mapcarta. (s. d.). Alger-centre. <https://mapcarta.com/fr/34754118>

¹⁹ DesignBuilder. (s. d.). Welcome to DesignBuilder v7. <https://designbuilder.co.uk/helpv7.0/index.htm>

²⁰ Idem.

Table des figures

Figure 1 : Schéma récapitulatif de la méthodologie de recherche.....	13
Figure 2 : Facteurs influençant l'identité en architecture.....	18
Figure 3 : Types de réhabilitation.....	20
Figure 4 : Objectifs de la réhabilitation énergétique.....	21
Figure 5 : les stratégie d'hiver.....	23
Figure 6 : les stratégie d'été.....	24
Figure 7 : Façade coloniale, Alger-centre.....	30
Figure 8 : Situation de la ville à l'échelle nationale, territoriale et à sa wilaya.....	31
Figure 9 : Situation de la ville a l'échelle communale.....	31
<i>Figure 10 : Potentialités et moyens de transport structurant la ville d'Alger.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 11 : Voie RN 01.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 12 : Réseau ferroviaire d'Alger-centre.....</i>	<i>33</i>
Figure 13 : Composition urbaine d'Alger-Centre.....	35
Figure 14 : Délimitation de l'aire d'intervention.....	38
Figure 15 : Situation du l'air d'intervention urbaine sur le pos 167 d'Alger.....	38
Figure 16 : L'organisation de l'aire d'étude.....	39
<i>Figure 17 : Composantes de l'aire d'étude.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 18 : Accessibilité à l'aire d'étude.....</i>	<i>41</i>
Figure 19 : Coupe A-A montrant la topographie de l'aire d'intervention.....	45
Figure 20 : Evaluation de la température.....	46
Figure 21 : Précipitation pour l'aire d'étude.....	46
<i>Figure 22 : Les vents dominants à l'aire d'intervention.....</i>	<i>46</i>
Figure 23 : Diagramme de Givoni d'Alger-Centre d'octobre à février.....	47
Figure 24 : Diagramme de Givoni d'Alger-Centre de mai à septembre.....	48
<i>Figure 25 : Département d'architecture d'Alger.....</i>	<i>49</i>
Figure 26 : Accessibilité au site et au bâtiment.....	50
<i>Figure 27 : Déférents accès au bâtiment.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure 28 : Modélisation 3D du bâtiment.....</i>	<i>51</i>
Figure 29 : Forme du bâtiment.....	51
<i>Figure 30 : Analyse bioclimatique du site.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 31 : Département d'architecture d'Alger.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 32 : Eléments architecturaux et ornementaux remarquables.....</i>	<i>57</i>

<i>Figure 33 : Eléments architecturaux et ornementaux remarquables.</i>	57
Figure 34 : Modèle 3D de bâtiment dans DesignBuilder.	59
Figure 35 : Modules de DesignBuilder.....	60
Figure 36 : Méthodologie de la simulation.....	61
<i>Figure 37 : Modélisation de l'état actuel des murs extérieur.</i>	62
Figure 38 : Modélisation de l'état actuel de la toiture.	63
Figure 39 : Evaluation des températures intérieur dans l'état actuel.....	63
<i>Figure 40 : Besoin en chauffage dans l'état actuel.</i>	64
<i>Figure 41 : Besoin en climatisation dans l'état actuel.</i>	64
Figure 42 : Modélisation de l'état amélioré des murs extérieur.....	65
<i>Figure 43 : Modélisation de l'état amélioré de la toiture.</i>	65
<i>Figure 44 : Evaluation des températures intérieur dans l'état amélioré –scénario01-.</i>	66
<i>Figure 45 : Besoin en chauffage dans l'état amélioré –scénario01-.</i>	66
<i>Figure 46 : Besoin en climatisation dans l'état amélioré –scénario01-.</i>	67
<i>Figure 47 : Besoin en chauffage dans l'état amélioré –scénario02-.</i>	68
<i>Figure 48 : Besoin en climatisation dans l'état amélioré –scénario02-.</i>	68
<i>Figure 49 : Besoin en chauffage dans l'état amélioré –scénario03-.</i>	69
<i>Figure 50 : Besoin en climatisation dans l'état amélioré –scénario03-.</i>	69

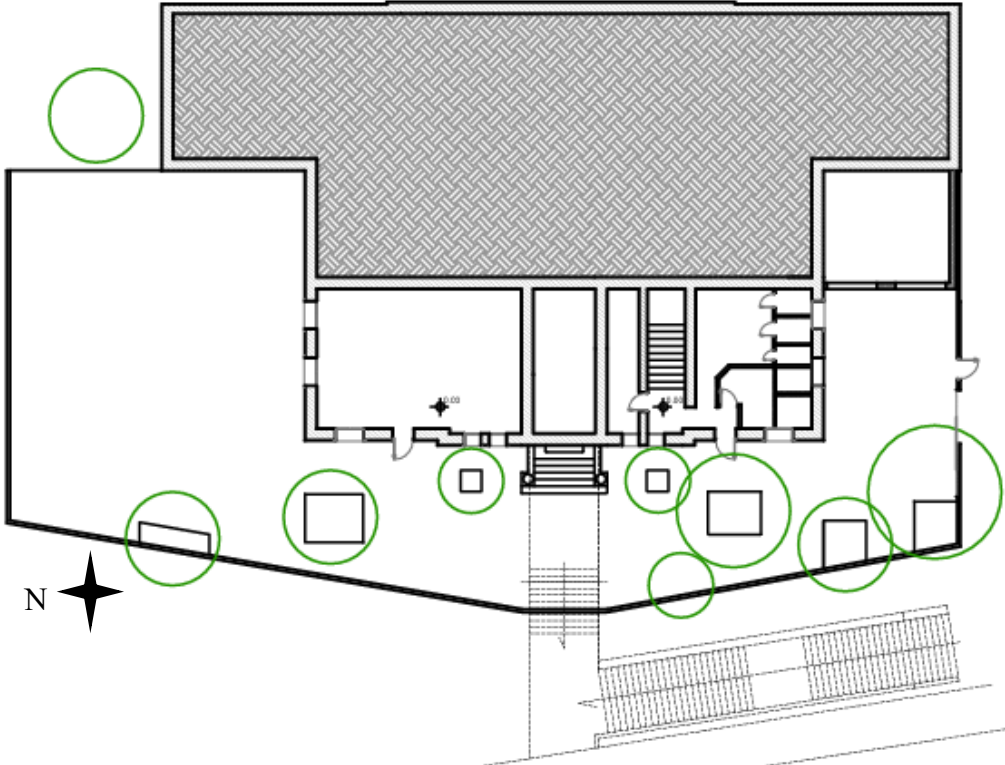
Tableaux

Tableau 1 : Solution d'intervention passives.....	25
Tableau 2 : Fonctionnement de chauffage et climatisation passive.....	26
Tableau 3 : Solution d'intervention actives.....	27
Tableau 4 : Potentialités et moyens de transport structurant la ville d'Alger.....	32
Tableau 5 : Caractéristiques climatique de la ville.....	36
Tableau 6 : Etude du bâti.....	41
<i>Tableau 7 : Etude du non bâti.....</i>	<i>43</i>
Tableau 8 : Analyse bioclimatique d'été et d'hiver.....	52
<i>Tableau 9 : Diagnostique technique.....</i>	<i>58</i>
Tableau 10 : Températures moyennes mensuelles.....	61
<i>Tableau 11 : Caractéristiques thermo-physiques des matériaux utilisés dans la simulation.</i>	<i>62</i>

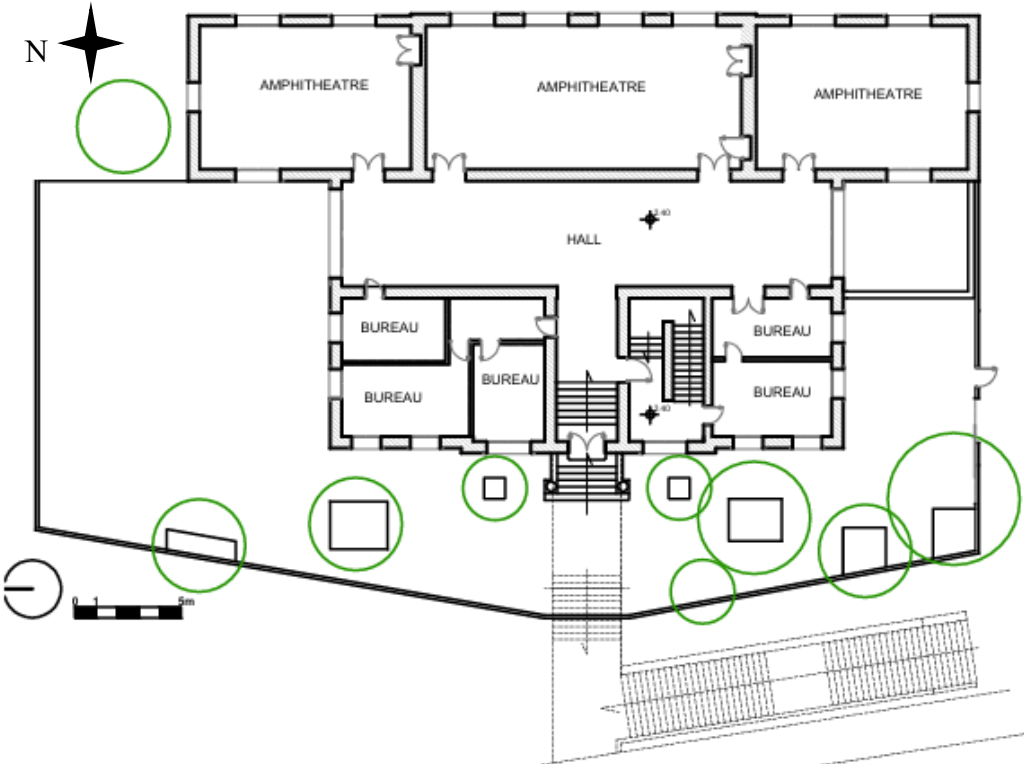
Nomenclatures

Symbole	Définition	Unité
E	Epaisseur	(cm)
λ	La conductivité thermique	(w/m ² .K)
ρ	la densité	(Kg/m ³)
C	la chaleur spécifique d'un matériau	(J/Kg.K)
U	le coefficient de transmission thermique	(w/m ² . K)

Dossier graphique du bâtiment étudié :

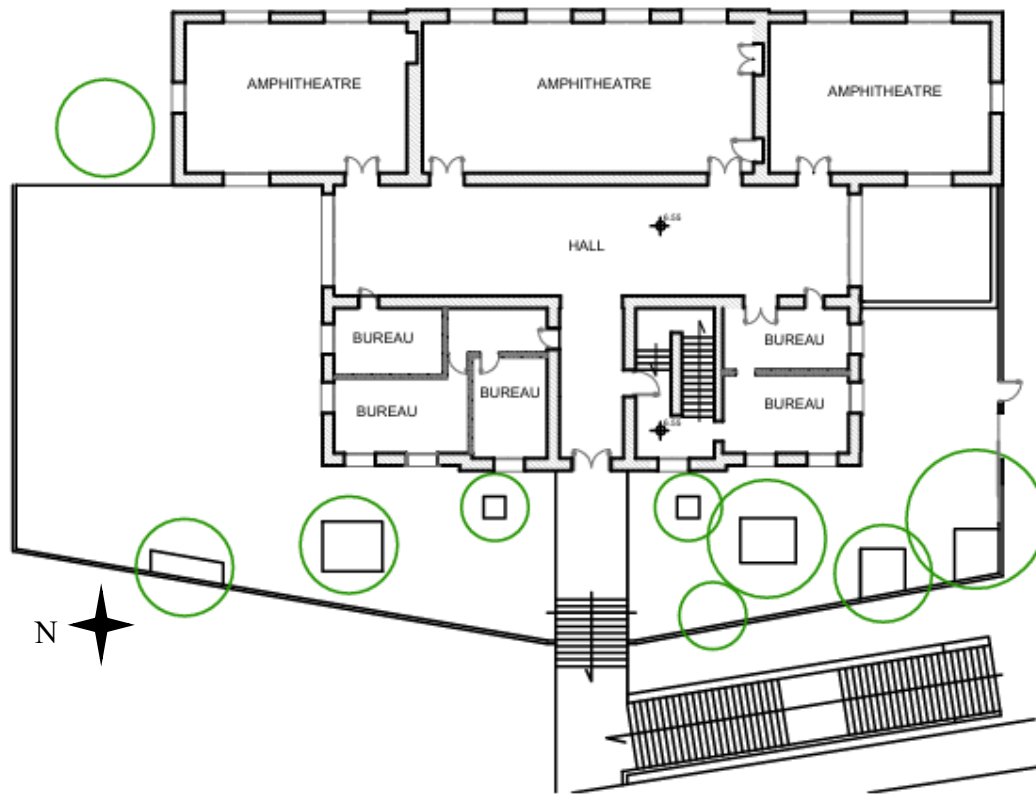


Plan Entresol

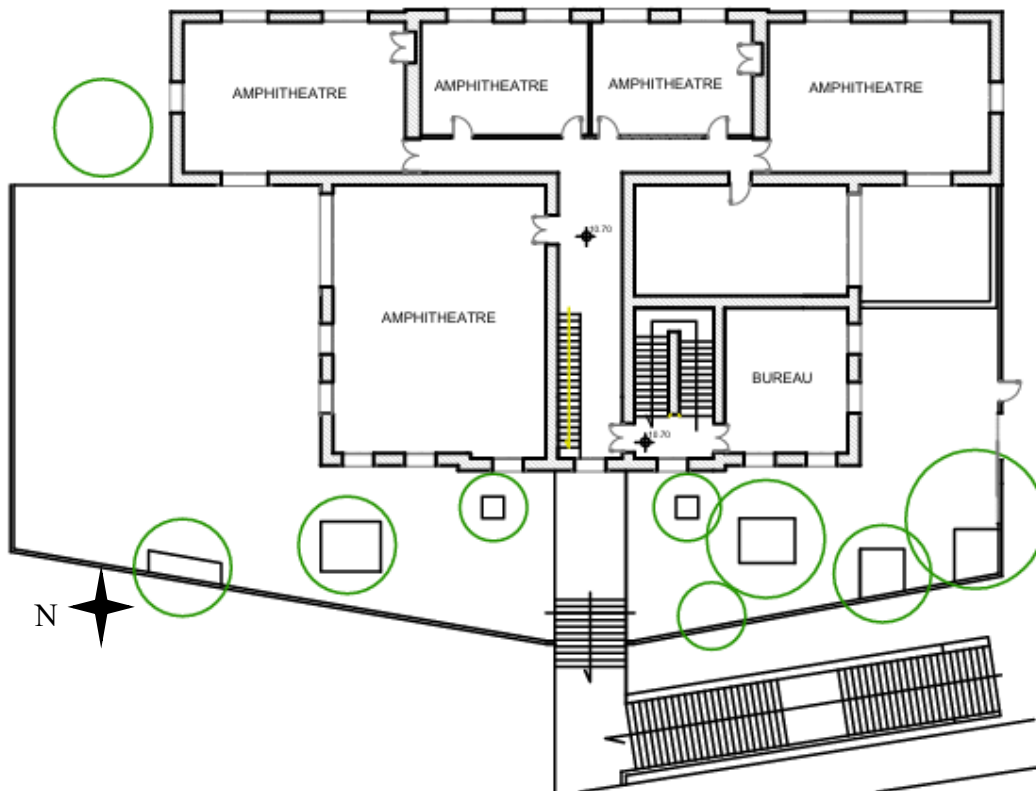


Plan RDC

ANNEXES



Plan R+1



Plan R+2



Façade Est



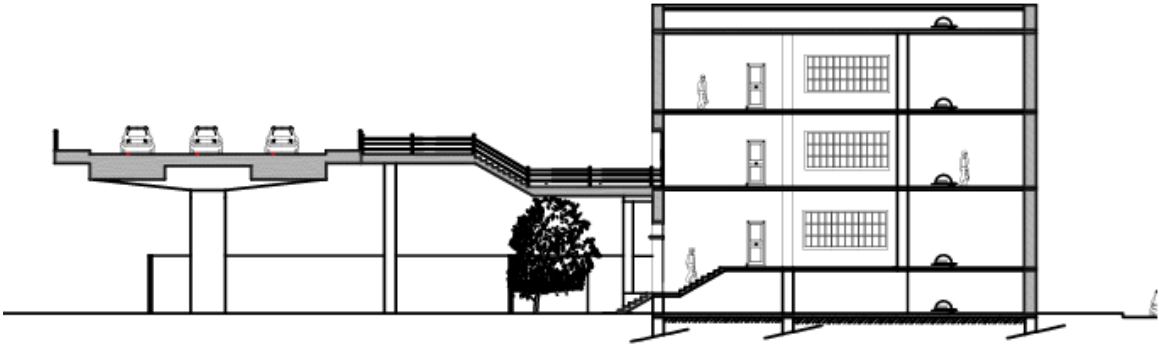
Façade Ouest



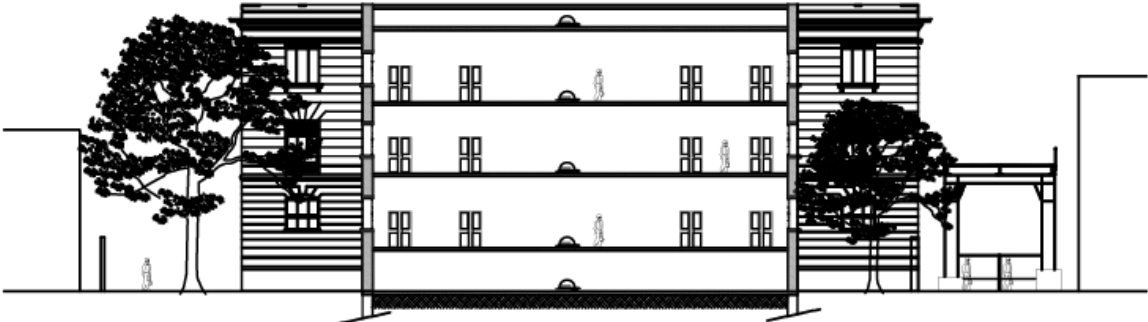
Façade Nord



Façade Sud



Coupe AA



Coupe BB

