



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB BLIDA -01-
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME AOUDJHANE MOHAND

Département d'Architecture

Mémoire de Master en Architecture.

Thème de l'Atelier : Architecture, Environnement et Technologie

Présenté Par :

BENZEKKOUR Ahmed Cherif - Matricule : 181932047625

FETOUH Mohamed Abdeldjalil - Matricule : 181832056956

Certifications des Bâtiments : Les Clés d'une Transition Durable et Écologique

P F E : Parc Éco-Industriel à Blida

Soutenu publiquement le : 26/06/2024, devant le jury composé de :

KHELIFI Lamia	Docteur	Université de Blida 01	Présidente
ALIOUCHE Sihem	Docteur	Université de Blida 01	Examinatrice
BENCHEKROUN Marwa	Docteur	Université de Blida 01	Encadrante
BABA SLIMANE Nour El Houda	Docteur	Université de Blida 01	Encadrante
KAOULA Dalel	Docteur	Université de Blida 01	Encadrante

Année Universitaire :

2023/2024

Remerciement

Après cinq années passées dans notre institut, des années durant lesquelles nous avons vécu des moments inoubliables, jour et nuit, ou nous avons exploré tous ses recoins.

Dans ce contexte, nous souhaitons tout d'abord exprimer notre gratitude à Dieu Tout-Puissant, qui nous a permis d'atteindre ce niveau académique et pour cette destinée.

À nos chers pères, nos chères mères, nos frères bien-aimés et nos honorables sœurs. Nous vous adressons tout notre amour, et peu importe les mots de remerciement que nous prononcerons, nous ne pourrons jamais vous rendre ce que vous méritez.

Nous adressons nos remerciements à tous les professeurs sous la direction desquels nous avons étudié tout au long de ces cinq années.

Nous remercions tous les membres respectés de nos familles, qui nous ont soutenus tout au long de ces cinq années. Nous n'oublierons jamais chaque faveur, grande ou petite.

Nous n'oublierons jamais les meilleures personnes que nous avons rencontrées dans nos vies. Nous remercions tous nos amis fidèles, chacun par son nom, pour toutes les attitudes positives et les moments que nous avons partagés ensemble.

Bien sûr, comment oublier le Club Scientifique IBDA, qui occupe une place particulière dans nos cœurs. Merci à tous les membres du club pour votre présence dans notre parcours.

Merci également à tous les travailleurs de l'institut pour leur présence et leurs efforts.

Nous remercions également l'administration de l'institut pour la bonne gestion de toutes les affaires de l'institut, depuis l'époque de l'ancien directeur, Dr. Mohamed Houcine AIT SAADI, jusqu'à l'ère de l'actuelle directrice, Dr. Naima MAHINDAD ABDERRAHIM.

Nous exprimons également nos remerciements à Dr Marwa BENCHEKROUN, Dr Nour El-Houda BABA SLIMANE et Dr Dalel KAOULA. Leur encadrement précieux a joué un rôle essentiel dans la réalisation de ce travail scientifique.

Enfin, nous remercions les honorables membres du comité de jury, Dr Lamia KHELIFI et Dr Sihem ALIOUCHE, d'avoir aimablement accepté de discuter de ce mémoire de master.

Ahmed Cherif et Mohamed Abdeldjalil

Dédicaces

À ceux dont Dieu nous a ordonné d'honorer, à ceux qui ont tant donné et offert ce qui ne peut être rendu, à vous, mes chers parents, je dédie ces mots. Ma mère Meriem et mon père Rachid, vous avez été mes meilleurs soutiens tout au long de mon parcours académique. À vous, je dédie cet effort, car vous avez toujours été ma source d'inspiration.

À ma chère sœur Nawel et à mon cher frère M'hamed, je dédie ce travail en signe de mon attachement, de mon amour que je porte pour vous, ainsi qu'en témoignage de ma gratitude pour vos efforts et soutiens pendant mes études.

À tous les amis, sur les routes difficiles et faciles, sombres et lumineuses, je dédie ce travail pour exprimer ma gratitude de vous avoir dans ma vie.

À mes proches qui m'ont soutenu, je dédie ce travail. Vos vœux de succès, votre soutien et vos encouragements m'ont permis de franchir cette étape de ma vie.

À mon binôme et mon frère Abdeldjalil, je dédie ce travail. Avec toi j'ai vécu les bons et mauvais moments pour la concrétisation de notre travail et sa bonne présentation.

BENZEKKOUR Ahmed Cherif

Je dédie ce travail à toutes les personnes qui m'ont aidé dans ce long parcours. Je dédie ces mots à ma mère, Fathia, et à mon père, Nacer, pour leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours académique. Leur amour et leurs encouragements m'ont donné la force de persévérer, même dans les moments les plus difficiles.

Ma sœur, Asmaa, a également joué un rôle essentiel en tant que source inestimable d'encouragement, me guidant à travers les défis et me rappelant de toujours garder espoir.

Mes amis et les nouveaux frères que j'ai rencontrés pendant ces cinq années d'études en architecture ont eu un impact immense sur ma vie. Leur présence et leur soutien m'ont apporté joie et force, surtout dans les moments de pression.

Je tiens également à adresser une dédicace spéciale à mon binôme, mon frère Ahmed Cherif, pour notre partenariat exceptionnel, notre travail acharné et notre soutien mutuel.

FETOUH Mohamed Abdeldjalil

Résumé :

L'Algérie, riche en potentiel économique et humain, s'efforce d'intégrer le développement durable dans le secteur du bâtiment, notamment par le biais des énergies renouvelables. Face aux défis rencontrés, les certifications environnementales se révèlent essentielles pour promouvoir des constructions durables, efficaces énergétiquement, confortables et respectueuses de l'environnement.

Notre choix de la thématique des certifications des bâtiments vise à apporter des solutions concrètes et applicables.

Blida, avec ses atouts agricoles, industriels et sa population jeune, offre un cadre propice à l'innovation et au développement durable. La zone industrielle de Blida présente un potentiel exceptionnel pour la création d'un parc éco-industriel, répondant aux besoins spécifiques de la ville en termes de gestion des déchets, de recherche et d'industrie verte. Ce projet s'appuie sur les principes de la certification HQE pour revitaliser la zone d'intervention et intégrer le projet dans le tissu urbain de Blida, promouvant ainsi la certification environnementale HQE en Algérie.

Ce mémoire explore l'intégration des principes de durabilité dans la construction, en mettant l'accent sur les certifications environnementales des bâtiments. Les simulations thermiques dynamiques, réalisées avec DesignBuilder, ont optimisé le confort thermique et l'efficacité énergétique.

Mots clés : Développement durable, certifications environnementales, HQE, efficacité énergétique, confort thermique.

ملخص:

الجزائر، الغنية بالإمكانات الاقتصادية والبشرية، تسعى جاهدة لدمج التنمية المستدامة في قطاع البناء، ولا سيما من خلال الطاقات المتجددة. أمام التحديات التي تواجهها، تثبت الشهادات البيئية للبناء أنها ضرورية لتعزيز المباني المستدامة والفعالة من حيث الطاقة والمريحة والصديقة للبيئة. إن اختيارنا لموضوع شهادات البناء يهدف إلى تقديم حلول ملموسة وقابلة للتطبيق

تعتبر البلدية، بما تمتلكه من مزايا زراعية وصناعية وشبابية، إطارًا مناسبًا للابتكار والتنمية المستدامة. تتمتع المنطقة الصناعية في البلدية بإمكانات استثنائية لإنشاء مجمع صناعي إيكولوجي يلبي الاحتياجات الخاصة بالمدينة من حيث إدارة النفايات والبحث والصناعة الخضراء. يعتمد هذا المشروع على مبادئ شهادة "الجودة البيئية العالية" لإعادة تنشيط منطقة التدخل ودمج المشروع في النسيج العمراني للبلدية، مما يعزز هذه الشهادة البيئية في الجزائر يتناول هذا البحث دمج مبادئ الاستدامة في البناء، مع التركيز على الشهادات البيئية للمباني. تم تحسين الراحة الحرارية والكفاءة الطاقية من خلال المحاكاة الحرارية الديناميكية باستخدام برنامج ديزاين بيلدر

الكلمات المفتاحية: التنمية المستدامة، الشهادات البيئية للبناء، الجودة البيئية العالية، كفاءة الطاقة، الراحة الحرارية

Abstract:

Algeria, rich in economic and human potential, is seeking to integrate sustainable development into the building sector, particularly through renewable energy sources. In the face of encountered challenges, building environmental certifications prove essential for promoting sustainable, energy-efficient, comfortable, and environmentally friendly constructions. Our choice of the theme of building certifications aims to provide concrete and applicable solutions.

Blida, with its agricultural and industrial strengths and its young population, offers a favorable environment for innovation and sustainable development. The industrial zone of Blida presents exceptional potential for the creation of an eco-industrial park, meeting the city's specific needs in terms of waste management, research, and green industry. This project is based on the principles of HQE certification to revitalize the intervention area and integrate the project into the urban fabric of Blida, thereby promoting HQE environmental certification in Algeria.

This thesis explores the integration of sustainability principles in construction, with a focus on environmental building certifications. The dynamic thermal simulations, conducted with DesignBuilder, have optimized thermal comfort and energy efficiency.

Keywords: Sustainable development, environmental certifications, HQE, energy efficiency, thermal comfort.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 01: CHAPITRE INTRODUCTIF

INTRODUCTION GÉNÉRALE	12
1.Thématique Générale.....	14
2.Problématique Générale	18
3.Problématique spécifique	21
4.Hypothèse de la recherche.....	22
5.Objectifs de la recherche	23
6.Démarche méthodologique :.....	23
7. Structure de Mémoire :.....	27
Introduction	29
1.Le développement durable dans le secteur du bâtiment.....	29
1.1 Définition et principes fondamentaux	29
1.2 Trois piliers du développement durable	30
1.3 Intégration du développement durable dans la construction	32
2.L'architecture bioclimatique et le développement durable :	33
2.1. Définition de l'architecture bioclimatique et sa relation avec le DD :	33
2.2. Les stratégies de l'architecture bioclimatique	34
2.3. Objectifs de l'architecture bioclimatique :	35
2.4. Les paramètres de l'architecture bioclimatique	36
Orientation	37
3.Efficacité énergétique.....	41
3.1 L'efficacité énergétique dans le bâtiment :	41
3.2 Types d'efficacité énergétique :	42
4.Les labels et certifications.....	44
4.1 Introduction.....	44
4.2 Définition des labels et certifications dans le secteur du bâtiment :	45
4.3 But des labels et certifications dans le secteur du bâtiment :	45
4.4 Rôle des labels et certifications dans le secteur du bâtiment :	46
4.5 Les labels et certifications des bâtiments les plus répandues au monde :	46
4.5.1 Les types des certifications :	46
5.Le confort en architecture	49
5.1 Définition du confort :	49

5.2 Types de confort :	50
5.3 L'objectif de confort en architecture :	51
6.Industrialisation et Infrastructures Inclusives et Durables.....	52
7.Analyses des exemples.....	52
Conclusion.....	52
Introduction.....	54
1. Pourquoi la zone industrielle de Blida ?.....	54
2. La découverte du site !.....	54
2.1. Blida, une ville des roses au cœur du nord Algérien.....	54
2.2. Blida, un Carrefour Métropolitain.....	55
2.3. Blida, une Urbanisation Délimitée par des massifs naturels.....	55
2.4. Blida, Un développement en Éventail Ouverte avec un réseau routier complexe.....	56
2.5. Blida, Multiples Visages Démographiques.....	58
2.6. Blida, entre l'Éducation et l'Industrie.....	58
2.7. À la découverte de la « zone industrielle », porte d'entrée de Blida.....	59
2.7.1. Une zone avec une Dispersion Urbaine.....	60
2.7.2. Une zone Fortement Commerciale et Industrielle.....	60
2.7.3. Une zone globalement accessible.....	61
3. Quoi de mieux et de mal dans mon aire d'intervention (Analyse avec l'outil AFOM).....	61
4. Quel Climat ?.....	62
4.1. Température.....	62
4.2. Précipitation.....	63
4.3. Ensoleillement.....	64
4.4. Vents dominants.....	64
4.5. Analyse bioclimatique par le diagramme de Givoni.....	65
4.6. Recommandation à partir du diagramme de Givoni.....	66
5.Conceptualisation du Projet.....	67
5.1. Approche Urbaine.....	67
5.1.1. Situation de l'aire d'intervention :.....	67
5.1.2 Réaménagement de l'aire d'étude.....	67
5.1.3. Indentification des propriétés du foncier.....	67
5.1.4. Reconfiguration des parcelles.....	67
5.1.5. Restructuration de voirie.....	67
5.1.6. Valorisation de la mobilité durable.....	67
5.1.7. Reconversion d'une servitude existante.....	68
5.1.8. Occupation du Sol par des fonctions mères.....	68

5.2. Plan d'aménagement.....	68
5.3. Approche Architecturale	69
5.3.1. Diagramme conceptuel	69
5.3.1.A. Tracés des limites du terrain.....	69
5.3.1.B. Affectation des zones du projet	69
5.3.1.C. Orientation selon les vents l'ensoleillement et le contexte	69
5.3.1.D. Tracé géométrique et principe de conception	69
5.3.1.E. Organisation fonctionnelle du projet	70
5.3.2. Genèse de la forme 3D.....	70
Phase 1 :	70
Phase 2 :	70
Phase 3 :	70
Phase 4 :	70
Phase 5 :	70
Phase 6 :	70
5.3.3. Distribution spatial	71
Bloc administratif	71
Bloc commercial	71
Hangar de Tri et industrie légère	71
Hangar du stockage.....	71
5.3.4. Circulation	72
Bloc administratif	72
Bloc commercial	72
Hangar de Tri et industrie légère	72
.....	72
.....	72
Conclusion.....	73
1. Introduction :.....	75
1.1. Définition de Simulation :.....	75
1.2. Importance de la Simulation Thermique Dynamique pour les Projets Certifiés HQE.....	76
2. Méthodologie :	77
2.1. Logiciels et outils utilisés :.....	77
2.1.1. DesignBuilder Version 6:	77
2.1.2. Pourquoi choisir DesignBuilder ?	78
2.2. Paramétrage des simulations :.....	79
2.2.1. Données Climatique :	79

2.2.2.	L'usage prévu des bâtiments :.....	80
3.	Modélisation du Bâtiment :	80
3.1.	Description des zones modélisée :.....	80
3.2.	Détails des éléments de construction :.....	82
3.2.1.	1 ^{er} Scénario :.....	82
3.2.2.	2 ^{ème} Scénario :.....	83
3.2.3.	3 ^{ème} Scénario :.....	84
3.2.4.	4 ^{ème} Scénario :.....	85
3.2.5.	5 ^{ème} Scénario :.....	87
4.	Résultats de la Simulation :	89
4.1.	Périodes critiques identifiées :.....	90
4.1.1.	Semaine la plus chaude de l'été :.....	90
4.1.2.	Semaine la plus froide de l'hiver :	90
4.2.	Méthodologie d'évaluation du confort thermique :.....	90
4.2.1.	PMV (Predicted Mean Vote) :	91
4.2.2.	PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) :.....	91
4.3.	Analyse et Évaluation :.....	91
4.3.1.	1 ^{er} Scénario :.....	91
4.3.2.	2 ^{ème} Scénario.....	94
4.3.3.	3 ^{ème} Scénario :.....	97
4.3.4.	4 ^{ème} Scénario.....	98
4.3.5.	5 ^{ème} Scénario.....	100
5.	Synthèse :	103
6.	Conclusion :	105
	CONCLUSION GÉNÉRALE	106

CHAPITRE 01 :

CHAPITRE

INTRODUCTIF

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_co 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 qui 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 de bâtiment, 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

1. Thématique Générale

Depuis le XVIII^e siècle jusqu'au XIX^e siècle, la transition d'une société principalement agricole et rurale vers un monde industrialisé, de plus en plus urbain et envahi par les marchandises, a apporté des changements significatifs. Avant l'avènement de la révolution industrielle, notre écosystème était relativement intact, avec des climats stables, des forêts denses et des océans prospères. L'équilibre naturel régulait les températures et maintenait un climat optimal à la vie (François JARRIGE, 2015).

Cependant, avec l'industrialisation massive à partir du 18^e siècle, la planète a connu un bouleversement sans précédent. Les émissions de gaz à effet de serre, la déforestation, la pollution atmosphérique et l'urbanisation ont altéré le climat, causant des phénomènes climatiques extrêmes mettant en danger de nombreuses espèces. Parmi ces phénomènes nous citons le « *changement climatique* », ce dernier, représente l'un des problèmes les plus compliqués de notre ère touchant tous les pays du monde, sans qu'aucun ne puissent le résoudre.

L'augmentation de la production industrielle a entraîné une forte émission de gaz à effet de serre, en particulier le dioxyde de carbone (CO₂), résultant de la combustion massive de charbon, de pétrole et de gaz. Ces gaz ont piégé la chaleur dans l'atmosphère, provoquant un réchauffement global de la planète, un phénomène connu sous le nom d'effet de serre. Les conséquences du changement climatique sont vastes et profondes. Parmi elles nous citerons, l'augmentation des températures moyennes, de la fonte des glaciers et de la calotte glaciaire, de la montée du niveau de la mer, de l'acidification des océans, d'événements climatiques plus extrêmes tels que les ouragans et les sécheresses, ainsi que de perturbations des écosystèmes. Le changement climatique a des répercussions sur la sécurité alimentaire, la santé humaine, la biodiversité, l'économie et la stabilité politique. De plus, il affecte de manière disproportionnée les populations les plus vulnérables de la planète.

Ce phénomène a causé même des dégâts dans le domaine de l'architecture, il a eu plusieurs impacts négatifs tels que les aléas climatiques, notamment la vague de chaleur, la canicule, la sécheresse géotechnique, et les inondations, qui ont eu des répercussions significatives sur le fonctionnement des constructions. Ces phénomènes peuvent affecter la structure, la stabilité, les réseaux, les matériaux de construction, ainsi que le confort et la santé des occupants.

La vague de chaleur et la canicule peuvent perturber le bon fonctionnement des bâtiments et influencer le confort thermique. La sécheresse géotechnique peut causer des tassements différentiels du sol, endommageant les structures et les fondations, tandis que les inondations peuvent submerger temporairement les terres par l'eau, prenant diverses formes. Ces aléas ont des conséquences sur la performance globale des bâtiments, poussant parfois les occupants à retarder ou annuler des investissements pour améliorer ou entretenir leur habitat (François FLEURY AL, 2022).

De plus, la population mondiale s'est concentrée sur la consommation d'énergie fossile, investissant massivement dans ce domaine pour acquérir de l'argent, tout en négligeant les préoccupations environnementales, et c'est ainsi qu'est né le concept de « *développement durable* », en tant que remède pour ces problèmes, plutôt que solution finale. « *Bien sûr, on peut ralentir les processus déjà entamés, légiférer pour consommer moins d'énergies fossiles, replanter en masse les forêts détruites... ce sont toutes d'excellentes initiatives* » < Michel SERRES, 1989>.

L'auteur met en lumière la nécessité d'une approche plus radicale et transformative pour répondre aux défis environnementaux. Il nous invite à repenser nos modes de vie, nos systèmes de production, de consommation, et à adopter des pratiques plus durables. Au lieu de se contenter à de simples corrections, nous devons ainsi envisager des changements structurels et une réorientation vers un mode de vie plus respectueux de l'environnement.

Cependant, le développement durable a connu son apogée entre 1992 et le milieu des années 2000, mais depuis, il est en déclin (Romain Felli 2015), ce concept a touché pratiquement tous les secteurs de la ville et dans le monde, en particulier les pays les plus développés dans le domaine de l'industrie qu'ils sont parmi les 170 pays au Sommet de Rio en 1992 de l'agenda 21 (geoconfluences.ens consulté en 2023) comme les Etats-Unis, la France, le Brésil, le Royaume-Uni, la Russie, la Belgique, la Suisse et l'Allemagne . Ce dernier avait pour but de réduire au maximum la consommation des énergies fossiles. Tout en valorisant les énergies renouvelables et leurs intégrations avec l'environnement.

Selon Brundtland en 1987, le développement durable fut considéré comme « *un développement qui répond aux besoins du présents sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* » (geo.fr, consulté en 2023). Il met en avant l'idée que le développement économique et social doivent être équilibrés afin de ne pas épuiser les

ressources naturelles ni dégrader l'environnement au point de compromettre les opportunités des générations futures. Contrairement à l'idée de « *croissance zéro* »¹, qui visait à arrêter la croissance économique pour préserver l'environnement.

Le Développement durable en architecture revêt une importance cruciale, car il incarne une approche intégrée à la construction visant à créer un équilibre entre les aspects sociaux, environnementaux et économiques.

Le pilier environnemental englobe la préservation de l'environnement, la gestion durable des ressources naturelles, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la protection de la biodiversité, et la promotion de pratiques respectueuses de l'environnement.

Le pilier social vise à améliorer la qualité de vie des individus en favorisant l'équité, la justice sociale, l'inclusion, la réduction de la pauvreté, la santé, l'éducation, et la création d'emplois décents.

Quant au pilier économique, il prévoit la promotion d'une croissance économique durable, l'efficacité des ressources, l'innovation, et la création de richesses tout en minimisant les externalités négatives (kabaun.com, consulté en 2023).

Par ailleurs, le secteur du bâtiment et de la construction est l'un des secteurs les plus concernés par les enjeux du développement durable. Les chiffres français sur lesquels entreprises, institutions et experts s'accordent sont en effet impressionnants : le bâtiment représente environ 40 % des émissions de CO² dans les pays développés, 37% est liée à la consommation d'énergie et 40 % liée aux déchets produits (Philippe Deshayes 2012).

Parmi tous ces domaines essentiels, celui de la construction apparaît comme une envergure particulière en raison de son étendue et de la nécessité de répondre à diverses contraintes. C'est pourquoi, l'architecture durable, qui était au départ une tendance architecturale, est aujourd'hui une nécessité tant pour les nouvelles constructions que pour les travaux de rénovation.

Actuellement, l'analyse des bâtiments s'est principalement concentrée sur des aspects spécifiques tels que les matériaux de construction, l'enveloppe du bâtiment ou encore la

¹ La notion de "croissance zéro" est une théorie qui propose que toutes les activités économiques devraient tendre vers un état d'équilibre et de stabilité, plutôt que de rechercher une croissance économique continue.

relation entre différentes sources d'énergie et de construction (Pantelimon Negrut, Viorel, 2011).

Cependant, il est devenu évident que les actions entreprises par le secteur de la construction pour promouvoir le développement durable ne sont pas suffisantes. D'autres actions ont souvent visé des objectifs spécifiques. Parfois l'efficacité énergétique, parfois la gestion des déchets et quelque fois le confort des occupants. Mais elles ne prennent toujours pas en compte la globalité de l'environnement bâti.

Dans ce contexte, les labels et certifications environnementaux ont vu le jour dès les années 1970 en France, avec la réglementation thermique qui a été la première réglementation adoptée par l'État français en 1974, à la suite du premier choc pétrolier de 1973 (Olivier Boesch, 2020), et ont évolué au fil du temps pour inclure diverses normes et labels visant à promouvoir des constructions plus respectueuses de l'environnement, permettant ainsi de valoriser les performances énergétiques des bâtiments sur l'ensemble des enjeux du développement durable, renforçant l'engagement en faveur d'une construction plus respectueuse de l'environnement et du bien-être des occupants (ispira-qualite-air.fr, consulté en 2023).

En fin de compte, ces labélisations et certifications environnementales représentent une des solutions à la problématique du développement durable et aux changements climatiques dans le secteur de la construction, car elles offrent un cadre optimal pour mesurer et évaluer la durabilité des bâtiments (gradhermetic.com, consulté en 2023).

Dans ce contexte, nous citons des exemples de certifications les plus répandues dans le monde :

- HQE TM - Certification française. **1990**
- BREEAM® - Certification britannique. **1990**
- Passive House Institute - Certification allemande. **1990**
- LEED® - Certification américaine. **1998**
- World Green Building Council - Certification Mondiale. **1999**
- DGNB - Certification allemande. **2007**
- Green Building Council España - Certification espagnole. **2008**
- VERDE - Certification espagnole. **2010**
- Active House - Certification danoise. **2010**

- WELL - Certification américaine. 2014

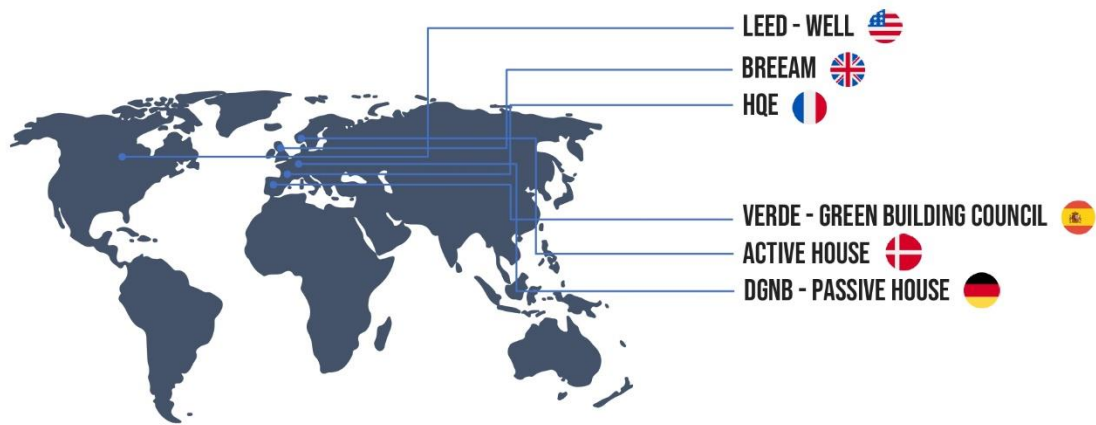


Figure 1 : Exemples de certifications les plus répandues dans le monde. Source : Auteur.

Contribuant ainsi à préserver notre planète pour les générations futures. Les certifications du bâtiment sont au cœur de la thématique générale de notre mémoire.

2.Problématique Générale

L'Algérie possède une localisation stratégique et un climat méditerranéen qui lui confèrent un potentiel exceptionnel en matière d'énergie solaire, d'énergie éolienne, ainsi qu'énergie hydraulique.

À la fin de l'année 2021, l'Algérie a affirmé sa position dans le domaine des énergies renouvelables avec une capacité totale installée de 567,1 MW, dont 438,2 MW proviennent de sources autres que l'hydroélectricité. L'année 2021 a vu l'ajout de 27,6 MW de nouvelles installations, représentant une croissance de 7% par rapport à décembre 2019. Ces avancées se sont principalement concentrées sur des installations raccordées au réseau, totalisant 401,3 MW, tandis que les installations hors réseau ont également connu une augmentation notable, atteignant 36,9 MW, soit une croissance de 73% par rapport à deux ans auparavant.

Le pays a surtout mis l'accent sur le solaire photovoltaïque, représentant 92% de ses énergies renouvelables hors hydroélectricité, avec 84% de cette capacité raccordée au réseau et 8%

opérant en dehors de celui-ci. De plus, le solaire thermique (Concentrated Solar Power CSP) et l'éolien ont également contribué respectivement à hauteur de 6% et 2% de cette capacité, renforçant ainsi la diversification du portefeuille énergétique du pays (lalgerieaujourd'hui.dz, consulté en nov 2023). Le pays bénéficie de plus de 3 000 heures d'ensoleillement par an (M.A. Boukli Hacène al, 2011), ce qui en fait l'un des endroits les mieux adaptés pour promouvoir l'énergie solaire. Cependant, malgré ce potentiel important, l'exploitation de l'énergie solaire reste limitée, principalement en raison de la prédominance des énergies fossiles dans le pays.

La consommation énergétique des bâtiments en Algérie représente environ 40 % de la consommation totale d'énergie. Pour faire face à cette réalité, le gouvernement algérien a lancé des initiatives visant à améliorer l'efficacité énergétique et à promouvoir les énergies renouvelables. Ces mesures comprennent la construction de 3 000 logements écologiques, la rénovation thermique de 4 000 logements existants, ainsi que la réalisation de 20 audits énergétiques dans le secteur tertiaire. Ces actions ont été menées dans le cadre du programme quinquennal 2010/2014 (M.A. Boukli Hacène al, 2011).

Pour garantir un certain niveau de confort, il existe un besoin croissant en énergie pour chauffer et refroidir les bâtiments en raison des conditions climatiques variées du pays. Cette consommation accrue d'énergie contribue à l'épuisement des ressources énergétiques et à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, ce qui a un impact négatif sur l'environnement.

Cependant, les normes de construction et les matériaux utilisés ne sont pas toujours adaptés pour assurer un confort thermique adéquat. En conséquence, cela peut entraîner des problèmes de surchauffe en été et de froid en hiver. De plus, les normes de construction et les règlements visant à promouvoir l'efficacité énergétique des bâtiments ne sont pas toujours suivis de manière stricte ou de plus le secteur résidentiel en Algérie est un contributeur significatif à la consommation d'énergie, représentant de 25 à 28 % de la consommation totale et contribuant en moyenne à hauteur de 21 % des émissions de gaz à effet de serre (dspace.univ-ouargla.dz, consulté en nov 2023).

Dans ce contexte de préoccupation de l'impact environnemental, l'Algérie a réalisé un projet sur le programme "Taka Nadifa", initié dans le cadre de la coopération entre l'Algérie et l'Union européenne, sous l'égide du ministère de l'Énergie et des Mines. Ce programme, s'étendant de 2019 à 2023, a pour objectif principal de renforcer l'infrastructure institutionnelle et réglementaire afin de favoriser le développement des énergies

renouvelables, principalement pour la production d'électricité, tout en encourageant l'efficacité énergétique. Le programme "Taka Nadifa" a pour mission de faciliter les investissements nationaux et étrangers, tout en renforçant les compétences techniques et humaines dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Algérie (portail.cder.dz consulté en nov 2023).

En accord avec cet engagement en faveur de l'énergie verte, l'Algérie a participé activement à la COP-27, la 27^e Conférence des Parties sur le changement climatique, qui s'est tenue à Sharm el-Cheikh en Égypte. Cette conférence revêt une importance capitale, car elle se déroule dans un contexte où la planète fait face à une accélération alarmante du réchauffement climatique et à ses conséquences dévastatrices.

Pour témoigner de son attachement à l'accord de Paris sur le climat, ratifié en octobre 2016, l'Algérie s'est résolument engagée à contribuer à la lutte contre le changement climatique, en mettant en œuvre des mesures d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation aux effets du changement climatique (elmoudjahid.dz, consulté en oct 2023). Aussi récemment, la COP 28, une conférence de deux semaines, a débuté par le Sommet mondial sur l'action climatique, rassemblant 154 chefs d'État et de gouvernement. Elle s'est achevée le 13 décembre 2023 avec un accord marquant le "début de la fin" de l'ère des combustibles fossiles (unfccc.int consultée en déc. 2023).

Malgré les progrès réalisés, certaines lacunes subsistent, notamment l'absence de systèmes de labellisation et de certification pour les bâtiments en Algérie, malgré l'émergence de réglementations telles que le DTR² et l'ISO³. Néanmoins, il existe des projets exemplaires, tels que la certification HQE de la BNP Paribas El Djazaïr⁴ qui est actuellement la seule à l'échelle nationale. On note l'engagement continu de l'Algérie envers les Objectifs de Développement Durable (ODD) se manifeste à travers ses efforts persistants dans la mise en œuvre de mesures concrètes visant à atteindre ces objectifs. De multiples initiatives nationales ont été lancées pour assurer une progression vers la durabilité à travers divers

² Les documents DTR sont utilisés dans l'industrie de la construction en Algérie pour établir des règles, des normes et des réglementations pour divers aspects des travaux de construction. Ceux-ci peuvent couvrir des sujets tels que la sécurité, l'exécution de projets de construction et les normes de conception.

³ De nombreuses entreprises et organisations en Algérie recherchent des certifications ISO, telles que ISO 9001 (gestion de la qualité) et ISO 14001 (gestion environnementale), pour démontrer leur engagement envers les normes de qualité et environnementales dans le domaine de la construction et du bâtiment.

⁴ BNP Paribas El Djazaïr est une banque en Algérie qui fait partie du groupe BNP Paribas. Le siège social de Bab Ezzouar est conçu dans une optique de durabilité environnementale, intégrant les normes de Haute Qualité Environnementale (HQE).

secteurs, tels que l'éducation, la santé, l'environnement et l'économie. Cette implication témoigne de la volonté du pays à consolider son rôle en faveur d'un avenir viable, dans le respect des engagements internationaux énoncés dans l'Agenda 2030. De plus, l'Algérie s'est résolument engagée à poursuivre cette dynamique, consciente de l'importance vitale de garantir un développement équilibré pour les générations présentes et à venir (mfa.gov.dz consultée en nov 2023).

Cette réflexion sur les engagements de l'Algérie envers l'environnement et la durabilité dans le domaine de la construction nous a amené à nous poser la question suivante.

L'introduction d'un système de certification et de labélisation pourrait-il favoriser l'essor de pratiques architecturales durables en Algérie ?

3.Problématique spécifique

Blida, une ville historique et une métropole clé, occupant une position stratégique en reliant les différentes régions du pays. Cependant, son développement durable est entravé par plusieurs défis. Par les anciennes zones militaires héritées de la période coloniale restreignent la croissance urbaine. De plus, les zones industrielles créées dans le cadre de plans quadriennaux et la conversion de terres agricoles en zones urbaines entravent l'expansion vers le Nord et le Nord-Ouest, provoquant une congestion urbaine.

Cependant, malgré ces défis urbains, Blida bénéficie d'un climat chaud et tempéré. Classé en tant que Csa⁵ selon la classification de Köppen et Geiger, le climat se caractérise par des précipitations moins abondantes en été par rapport à l'hiver. Avec une température moyenne annuelle de 17.1 °C et des précipitations annuelles avoisinant les 641 mm, les mois estivaux de juin à septembre offrent une période idéale pour explorer la région dans des conditions climatiques plus clémentes (fr.climate-data.org, consulté en nov 2023).

La mise en œuvre de la planification économique s'est traduite par l'utilisation de techniques d'aménagement telles que le lotissement pour les habitations individuelles et la Zone d'Habitat Urbain Nouvelle (ZHUN) pour les habitations collectives. Mais ces approches ont contribué à une occupation du sol non durable, entraînant un étalement urbain prématuré, en contradiction avec les lois d'aménagement, d'urbanisme et de développement durable. Malheureusement, la ville est confrontée à la détérioration progressive de son

⁵ Csa signifie que c'est un climat tempéré également appelé tempéré chaud, qui se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

environnement, marquée par l'expansion des zones industrielles, la négligence des espaces urbains durables et l'accumulation de déchets et la pollution de l'air, avec d'importantes émissions de gaz à effet de serre. De plus, l'urbanisation au détriment des terres agricoles néglige les préoccupations environnementales et les engagements envers la durabilité, favorisant ainsi le commerce au détriment de l'équilibre environnemental (journals.openedition.org, consulté en nov 2023).

Dans ce contexte, la ville de Blida a rencontré ces dernières années des défis majeurs pour permettre à sa population de s'ajuster aux changements climatiques en cours. Depuis 2013, Blida a connu une hausse significative des températures, avec des anomalies allant de 0.2 à 1.7 degrés Celsius. Cette augmentation de chaleur a eu des répercussions notables sur la région, rendant les conditions de vie de plus en plus arides au fil du temps (meteoblue.com consulté en oct 2023). Selon le Plan Régional d'Aménagement (POS) et le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) de Blida, aucune stratégie énergétique n'est actuellement prévue pour résoudre les problèmes persistants. Il convient toutefois de noter qu'il existe des projets d'interventions futures au niveau national, tels que le Programme de développement durable à l'horizon 2030, qui pourraient résoudre ces problèmes énergétiques. Mais il faut prendre des initiatives pour cibler cet aspect actif et ne pas attendre 2030.

Pour aborder ces défis, la ville entreprend des projets majeurs, tels que les gares routières multimodales, les stations urbaines, les parkings à étages, le tramway et les lignes d'autobus, reflétant un aspect de la durabilité urbaine. Cependant, d'autres aspects tels que l'éco-gestion, l'écoconstruction et le confort nécessitent également une attention particulière dans le cadre de futures études et projets. Ces préoccupations liées à la ville de Blida nous ont mené à poser la question suivante :

Quelles initiatives pourraient être mise en place pour stimuler l'adoption de la certification des bâtiments à Blida et favoriser ainsi la durabilité ?

4.Hypothèse de la recherche

Notre thème de recherche nous incite à émettre plusieurs hypothèses afin de pouvoir mieux, l'étudier et le cerner. Pour cela, nous établissons les hypothèses suivantes :

- La réduction des émissions de gaz, la préservation des ressources naturels et l'amélioration de la qualité de l'air pourrait garantir la certification à Blida.

- Améliorer le confort thermique à l'intérieur des bâtiments permettrait l'obtention de la certification environnementale à Blida.
- L'adoption de solutions éco énergétiques, telles l'utilisation des matériaux durables, des techniques de ventilation naturelle et l'amélioration de l'isolation thermique, peut favoriser l'obtention de certifications à Blida.

5.Objectifs de la recherche

- Rendre la ville plus confortable, fonctionnelle et respectueuse de l'environnement.
- Sensibiliser les acteurs du secteur, y compris les professionnels du bâtiment et les décideurs, sur l'importance des certifications environnementales.
- Intégrer ce nouveau système de certification pour la première fois à Blida dans un projet innovant qui répond aux besoins de son contexte.
- Promouvoir les certifications environnementales dans le secteur de la construction à Blida.
- Améliorer le confort et assurer des ambiances thermiques optimales à l'intérieur du projet conçu.

6.Démarche méthodologique :

Notre démarche méthodologique est une approche mixte combinant des éléments qualitatifs et quantitatifs pour approfondir notre étude sur les certifications de bâtiment. Elle se compose des étapes suivantes :

1. Approche Théorique : Recherche Bibliographique

- **Phase d'Apprentissage** : Nous avons réalisé des recherches documentaires pour acquérir une compréhension approfondie des thèmes de notre étude, incluant le développement durable, le confort dans le bâtiment, l'efficacité énergétique et les certifications de bâtiment.

- **Collecte des Données** : Nous avons examiné des études universitaires, des normes de construction, et des publications académiques pour évaluer l'état actuel de la situation environnementale en Algérie et comprendre comment les objectifs des certifications environnementales se traduisent dans les bâtiments, tout en identifiant les lacunes des recherches existantes.

2. Approche Analytique : Analyse du Site et Analyse d'Exemples

- **Analyse du Site** : Nous avons mené des visites sur site, réalisé des analyses morphologiques, et examiné des documents réglementaires tels que le Plan Directeur d'Aménagement Urbain (PDAU) et le Plan d'Occupation des Sols (POS) pour comprendre les spécificités du secteur. Cette phase nous a permis de nous familiariser avec les caractéristiques de notre aire d'étude et du site d'intervention, les contraintes environnementales, et les besoins de la population locale.

- **Analyse d'Exemples** : Nous avons étudié des projets architecturaux certifiés pour comprendre comment les cibles de certification sont atteintes dans ces projets, ce qui nous a permis de nous baser sur des exemples concrets.

- **Entretiens et Questionnaires** : Nous avons organisé des entretiens avec des architectes responsables du siège national des projets certifiés de BNP Paribas à Bab Ezzouar, pour comprendre les techniques de matérialisation des cibles de certification et la durabilité dans ce projet. Ces entretiens nous ont permis de recueillir des données spécifiques sur les défis environnementaux locaux et d'obtenir une certification pour un bâtiment à l'échelle nationale.

3. Approche de Conception : Plan d'Aménagement et Projet d'Architecture

- **Approche Urbaine** : Aménagement de l'aire d'étude de manière à avoir un aménagement durable et fonctionnel répondant aux besoins des usagers, redynamisant la partie de la ville concernée et intégrant le projet architectural dans son contexte urbain tout en attirant les usagers vers cette zone animée.

- **Approche Architecturale** : La conception architecturale d'un parc éco-industriel, un projet innovant pour la ville, en adoptant les règles de la certification HQE et en profitant des potentialités du site.

4. Approche d'Évaluation Environnementale : Sélection des Indicateurs pour la Certification de Bâtiment HQE

- **Matérialisation des Cibles HQE** : Nous avons démontré les techniques et méthodes de conception pour matérialiser les cibles de la certification utilisées dans la conception du projet.

- **Simulation du Confort** : Nous avons réalisé une simulation thermique dynamique pour vérifier les résultats des dispositifs utilisés afin d'évaluer la performance thermique des

espaces de bâtiment et le confort thermique des occupants de ces espaces, en prenant en compte les conditions climatiques locales. Cette simulation a été effectuée à travers plusieurs scénarios en utilisant le logiciel DesignBuilder.

Cette démarche méthodologique nous a permis d'aborder notre recherche de manière exhaustive, en intégrant des perspectives théoriques, analytiques et pratiques pour proposer des recommandations pertinentes et applicables au contexte algérien

Approche Théorique

Phase d'Apprentissage

- Acquérir une compréhension approfondie des thèmes de notre étude, incluant le développement durable, le confort dans le bâtiment, l'efficacité énergétique, et les certifications de bâtiment.

Collecte des Données

- Examiner des études universitaires, des normes de construction, et des publications académiques.
- Évaluer l'état actuel de la situation environnementale en Algérie.
- Comprendre comment les objectifs des certifications se traduisent dans les bâtiments.

Approche Analytique

Analyse du Site

Effectuer des enquêtes sur site, des analyses morphologiques et en examinant des documents réglementaires tels que le PDAU et le POS, pour se familiariser avec les caractéristiques de notre aire d'étude et du site d'intervention, les contraintes environnementales, et les besoins de la population locale.

Analyse d'Exemples

- Étudier des projets architecturaux certifiés.
- Comprendre comment les cibles de certification sont atteintes dans ces projets.
- Se baser sur des vocations des projets intégrés dans le contexte urbain de notre aire d'étude.

Approche de Conception

Approche Urbaine

- Aménager l'aire d'étude de manière durable et fonctionnelle.
- Redynamiser la partie de la ville concernée.

Approche Architecturale

- Concevoir un parc éco-industriel innovant pour la ville.
- Intégrer le projet architectural dans son contexte urbain.
- Adopter les règles de la certification HQE.

Approche d'Évaluation Environnementale

Techniques et Méthodes de Conception

- Démontrer les techniques et méthodes de conception pour matérialiser les cibles de la certification utilisées dans la conception du projet.

Simulation Thermique Dynamique

- Vérifier les résultats des dispositifs utilisés pour évaluer le confort thermique des occupants.
- Prendre en compte les conditions climatiques locales.
- Effectuer la simulation à travers plusieurs scénarios en utilisant le logiciel DesignBuilder.

Tableau 1 : Démarche Méthodologique. Source : Auteur.

7. Structure de Mémoire :

Notre mémoire est structuré en quatre chapitres

Chapitre 1 : Introduction et Contexte

Nous avons défini le cadre général du développement durable et les certifications de bâtiment en Algérie, tout en posant les bases de notre étude avec une problématique claire, des hypothèses de recherche, et des objectifs précis.

Chapitre 2 : État de l'Art

Ce chapitre a fourni une revue détaillée de la littérature sur le développement durable dans le secteur du bâtiment, l'architecture bioclimatique, l'efficacité énergétique, et les labels et certifications environnementales. Nous avons également examiné le confort en architecture et les infrastructures inclusives et durables, illustrés par des études de cas de bâtiments certifiés au niveau national et international.

Chapitre 3 : Cas d'Étude

Nous avons choisi la zone industrielle de Blida pour notre étude de cas, en analysant ses caractéristiques géographiques, climatiques et démographiques. L'évaluation AFOM a mis en lumière les forces, faiblesses, opportunités et menaces de cette zone, tandis que l'analyse bioclimatique a permis de mieux comprendre les conditions locales et de formuler des recommandations adaptées.

Chapitre 4 : Simulation et Optimisation

Ce chapitre a présenté les simulations thermiques dynamiques réalisées avec des outils comme DesignBuilder. Les résultats ont permis d'optimiser le confort thermique et l'efficacité énergétique des bâtiments du parc éco-industriel proposé. Les différents scénarios modélisés ont démontré l'importance de prendre en compte les paramètres climatiques locaux pour améliorer la performance énergétique et le confort des bâtiments.

Conclusion générale :

Notre mémoire se finira par une conclusion générale dans laquelle nous présenterons la synthèse et les résultats de tout le travail et les perspectives à moyenne et à long terme.

CHAPITRE 02 : ETAT DE L'ART

Introduction

Chaque projet architectural, pour qu'il soit adaptée à son environnement, nécessite une compréhension du contexte et des concepts de durabilité. Dans ce chapitre, nous allons définir chaque concept lié à notre thématique, tels que le développement durable, l'architecture bioclimatique, l'efficacité énergétique, les labels et certifications des bâtiments, ainsi que le confort. Nous abordons également les industries et les parcs éco-industriel, qui sont des concepts liés à notre projet. Cette étape fondamentale nous aidera dans la phase de conception.

1. Le développement durable dans le secteur du bâtiment

1.1 Définition et principes fondamentaux

Le développement durable, est l'équilibre entre la croissance économique, l'égalité sociale, et la protection de l'environnement. Ce concept a été discuté pour la première fois, il y a plus de trente ans, lors d'une rencontre entre gouvernements, entreprises, et la société à Rio en 1992.

Selon la définition donnée en 1987, le développement durable est un développement qui doit répondre aux besoins actuels sans compromettre ceux des générations futures. Gro Harlem Brundtland, qui a dirigé une commission des Nations Unies, a joué un rôle clé dans cette définition, énoncée dans le rapport 'Our Common Futur'⁶.

Depuis, le DD est devenu crucial à l'échelle mondiale, selon He et Zhang (2011), car il traite la relation entre l'environnement et le développement. Aujourd'hui, les questions liées au développement durable nécessitent plus qu'une simple réflexion, elles demandent une attention sérieuse et des actions concrètes (books.openedition.org consulté en 2023). En embrassant les principes fondamentaux du développement durable (books.openedition.org consulté en 2023):

- **Principe de solidarité** : solidarité entre les peuples et les générations. Le développement doit profiter à toutes les populations.

⁶ Le rapport 'Our Common Future' est un document significatif dans le développement des concepts de développement durable. Publié en 1987, il est le résultat du travail de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED), présidée par Gro Harlem Brundtland. Le rapport a défini le développement durable comme répondant aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins.

- **Principe de précaution** : se donner la possibilité de revenir sur des actions lorsque leurs conséquences sont aléatoires ou imprévisibles
- **Principe de participation** : associer la population aux prises de décision.

L'approche préconisée (unesco.org, consulté en 2023) vise à promouvoir une dynamique équilibrée, englobant (ent2d.ac-bordeaux.fr, consulté en 2023) :

- Lutte contre le changement climatique.
- Préservation de la biodiversité, des milieux et des ressources.
- Cohésion sociale et solidarité entre les territoires et les générations.
- Épanouissement de tous les êtres humains.
- Dynamique de développement suivant des modes de production et de consommation responsables.

1.2 Trois piliers du développement durable

Pour édifier un avenir durable, il est impératif que les acteurs professionnels, universitaires et toutes les parties prenantes unissent leurs forces, comme souligné par Bell (2005). Jabareen (2011) soutient également cette approche multidisciplinaire, affirmant que la compréhension du développement durable est intrinsèquement multidisciplinaire, englobant divers domaines scientifiques.

He et Zhang (2011) renforcent cette notion en avançant que le développement durable est un concept étroitement intégré, impliquant un processus global et coordonné qui englobe l'écologie, l'économie, les sciences sociales et la technologie.

Sur le plan social, le développement durable intègre une dimension essentielle depuis le sommet de la Terre à Rio en 1992. Son objectif est de réduire les inégalités et d'assurer une répartition équitable des richesses, en particulier face aux disparités environnementales entre les pays du Nord et du Sud. L'équité sociale, garantissant l'accès à des ressources et services de base pour tous, est une condition sine qua none pour un développement inclusif et bénéfique pour chacun (kloranebotanical.foundation, consulté en 2023).

Sur le plan économique, le concept de développement durable remet en question les modèles économiques actuels en cherchant un équilibre entre la création de valeur et la préservation des ressources. Il vise une gestion responsable des activités humaines, la réduction de la pauvreté extrême et la promotion d'activités économiques dignement rémunérées, tout en évitant les dommages à l'environnement (kloranebotanical.foundation, consulté en 2023).

Pour le pilier environnemental, il se concentre sur la gestion des activités humaines en accord avec les écosystèmes. Il fixe des limites incontestables liées aux ressources limitées de la planète et vise à préserver, voire restaurer, ces ressources. Reconnaissant que le progrès humain dépend de la résolution des enjeux environnementaux, ce pilier adopte une perspective proactive en soulignant que nos actions actuelles ne doivent pas compromettre la capacité des générations futures à vivre dans des conditions similaires (kloranebotanical.foundation, consulté en 2023).

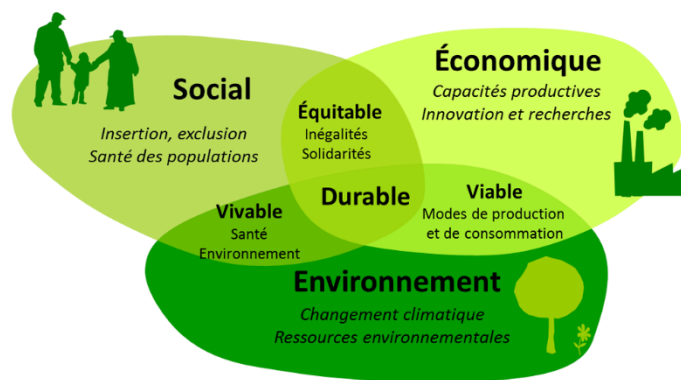


Figure 2 : Les trois piliers du développement durable. Source : <https://www.natureculture.org/post/les-trois-piliers-du-developpement-durable>

1. Objectifs de développement durable

Les Objectifs de développement durable (ODD), au nombre de 17, représentent un appel mondial visant à éradiquer la pauvreté, à préserver la planète et à améliorer la qualité de vie de l'ensemble de la population d'ici à 2030. Ces objectifs, adoptés en 2015 par tous les États membres de l'ONU dans le cadre du Programme de développement durable à l'horizon 2030, établissent une feuille de route sur 15 ans pour relever des défis mondiaux.



Figure 3: les objectifs de développement durable. Source : <https://fr.unesco.org/sdgs>

Parmi les 17 Objectifs de développement durable liés à l'architecture, nous citons :

- **ODD 11** : Villes et communautés durables, qui met l'accent sur la nécessité de créer des environnements urbains inclusifs, sûrs, résilients et durables.
- **ODD 13** : Action pour le climat, car l'architecture durable vise à créer des bâtiments résilients au changement climatique et capables de s'adapter à l'évolution des conditions environnementales.
- **ODD 15** : La vie terrestre, car l'architecture durable favorise l'utilisation de matériaux renouvelables et minimise l'impact sur les ressources naturelles et les écosystèmes.
- **ODD 17** : Partenariats pour la réalisation des objectifs, car l'architecture durable nécessite une collaboration entre les architectes, les urbanistes, les décideurs politiques et les communautés pour parvenir à un développement durable (Weihan Rong, Azizi Bahauddin, 2023)

1.3 Intégration du développement durable dans la construction

L'architecture, en tant qu'alliance d'art et de science, vise à créer des espaces durables par des moyens respectueux de l'environnement. Les architectes, en tant qu'organiseurs spatiaux, ont la responsabilité cruciale de concevoir des espaces durables qui perdurent dans le temps.

Les constructions, sont considérées comme des microcosmes de l'environnement plus vaste, nécessitant une gestion durable. Cette perspective positionne l'architecte comme un acteur clé dans la préservation de la durabilité environnementale.

Pour acquérir ces qualités environnementales et de durabilité, Kim (1998) souligne l'importance d'une sélection judicieuse de matériaux respectueux de l'environnement. De plus, Roux & Alexander (2007) confirment les répercussions significatives de la construction et de l'exploitation des bâtiments sur les émissions mondiales de dioxyde de carbone.

Face à ces défis environnementaux, des concepts émergents comme l'architecture durable et la construction verte offrant des approches novatrices. Par ailleurs, l'architecture durable constitue un défi supplémentaire, cherchant à intégrer le design à la préservation de l'environnement, avec une vision holistique considérant les dimensions économiques, environnementales et sociales.

Des concepts tels que Smart Energy, smart building et urbanisme durable émergent comme des outils essentiels dans cette quête, mobilisant des leviers principaux pour maximiser l'efficacité énergétique des bâtiments, parmi ces leviers :

- L'orientation du bâtiment.
- La forme et la taille du bâtiment.
- Recycler les bâtiments existants.
- La gestion des ressources et des déchets.
- Le choix des matériaux pour des constructions durables.
- L'importance de la végétation.
- La smart energy au cœur de l'architecture durable à travers la production de l'énergie et l'isolation thermique.

Ainsi, l'architecture durable se positionne comme une réponse innovante et essentielle aux enjeux contemporains, englobant la durabilité dans chaque phase de conception et de construction (batiadvisor.fr, consulté en déc. 2023), (cloudfront.net, consulté en 2023).

2.L'architecture bioclimatique et le développement durable :

Devant la nécessité de prendre soin de l'environnement, la conception bioclimatique s'impose comme un courant architectural incontournable. Ce type de construction a pour objectif d'utiliser au mieux les facultés environnementales pour améliorer le confort des habitants. L'architecture bioclimatique s'adapte donc aux différentes conditions climatiques de son emplacement au fil des saisons. Faisant appel à des compétences bien précises, elle favorise la réduction des dépenses en énergie. Sa conception doit être étudiée en amont pour optimiser la performance thermique, l'entrée de lumière et l'utilisation de divers matériaux (batiadvisor.fr, consulté en déc. 2023).

2.1. Définition de l'architecture bioclimatique et sa relation avec le DD :

Loin d'être nouvelle, l'architecture bioclimatique est utilisée depuis des siècles dans le domaine de la construction. Elle revient sur le devant de la scène pour permettre de diminuer la consommation de chauffage, et ce, grâce à une amélioration considérable de l'isolation thermique.

Actuellement, l'architecture bioclimatique est en passe de devenir une norme dans la construction, et elle le fait en prenant en compte les conditions climatiques locales pour effectuer la conception du bâtiment. Avec des critères tels que l'orientation et l'apport des

rayons solaires, elle contribue à des performances énergétiques accrues. Tout est prévu pour limiter les besoins de chauffage et de climatisation, mais aussi d'éclairage.

Ainsi, l'architecture bioclimatique s'articule autour de 3 grands principes :

- Le développement durable.
- La sobriété énergétique.
- L'architecture adaptée à l'environnement (batiadvisor.fr, consulté en déc. 2023).

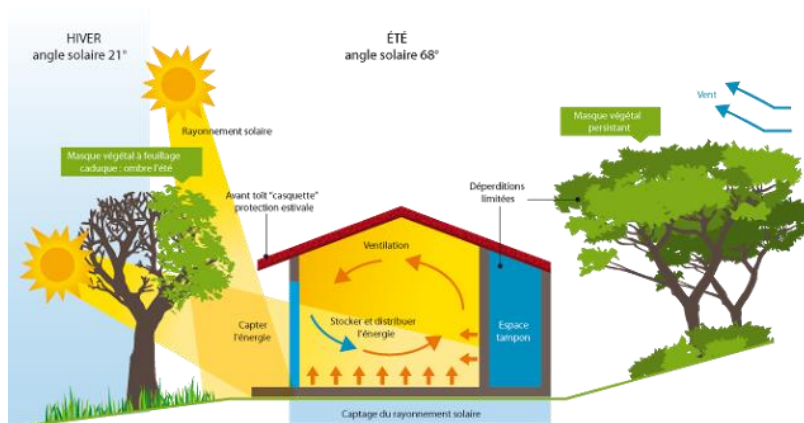


Figure 4: Principes de base d'une conception bioclimatique.
Source : <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/>

L'architecture bioclimatique consiste à construire en harmonie avec l'environnement. On la désigne également sous les termes généraux d'« architecture climatique » ou « architecture naturelle ». Lorsque la considération de l'environnement englobe l'utilisation de matériaux, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la gestion de l'eau et des déchets, elle est qualifiée d'« architecture écologique », « architecture durable » ou « architecture verte ». Si l'accent est spécifiquement mis sur l'intégration des ressources énergétiques, en particulier l'énergie solaire, on parle d'« architecture solaire » ou d'« architecture passive », ces termes pouvant également être combinés (OUAHIB Mohamed Nasreddine et TALBI Narimane consulté en déc 2023).

2.2. Les stratégies de l'architecture bioclimatique

Pour garantir une pratique saine et appropriée de l'architecture bioclimatique, diverses stratégies ont été élaborées. Ces stratégies sont classifiées en deux catégories distinctes, en fonction des périodes climatiques les plus exigeantes, durant lesquelles les bâtiments consomment le plus d'énergie tout au long de l'année. Ces deux catégories, à savoir les

stratégies thermiques pour les périodes chaudes et celles pour les périodes froides, sont détaillées ci-dessous.

- **La stratégie du chaud** consiste à capter l'énergie solaire et la stocker dans la masse pour un déphasage et un écrêtage des pics de température. La redistribution de cette chaleur se fait lorsque les températures extérieures sont plus faibles que les températures intérieures désirées.
- **La stratégie du froid** consiste à se protéger des apports solaires, adopter des solutions passives de refroidissement par humidification ou ventilation naturelle et limiter les charges internes.



Figure 5 : Les stratégies bioclimatiques. Source : <https://re2020-enligne.fr/comment-consommer-moins-conception-bioclimatique/>

2.3. Objectifs de l'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique vise à concevoir des bâtiments qui s'harmonisent avec leur environnement tout en optimisant l'efficacité énergétique et en minimisant l'impact écologique. Les principaux objectifs de cette approche sont les suivants :

- Assurer que le bâtiment s'intègre bien dans son environnement.
- Utiliser l'énergie de manière efficace et minimiser l'impact sur les ressources naturelles tout en réduisant les pollutions.
- Protéger la santé des occupants en limitant les risques.
- Maintenir des conditions de température agréables et contrôler l'humidité, maximiser de vie des utilisateurs.

Afin d'arriver à ces objectifs, plusieurs paramètres et outils sont mis en place qui vont tenir compte soit de l'enveloppe de la conception, le choix des équipements techniques, les matériaux, l'orientation des bâtiments et des systèmes solaires (PV, pompe à chaleur...)

2.4. Les paramètres de l'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique repose sur l'utilisation de paramètres à la fois passifs et actifs, ces éléments garantissent une performance améliorée grâce à l'application de techniques écologiques appropriées, chaque paramètre englobant divers principes.

Paramètres passifs

Paramètres environnementaux

Implantation

Étant donné une importance primordiale dans le processus de conception, le bâtiment doit s'harmoniser avec la topographie, le microclimat et le paysage, tout en tirant parti d'une ventilation naturelle, d'une exposition solaire optimale, et en assurant le confort et l'efficacité énergétique.

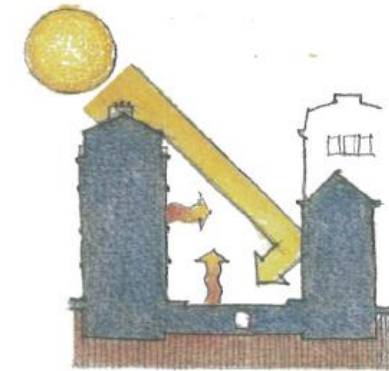


Figure 6: l'intégration urbaine du bâtiment.
Source : www.ecozimut.com

Orientation

Elle constitue l'un des éléments déterminants de la qualité du bâtiment, en particulier en ce qui concerne une isolation efficace.

Pour l'exposition Nord, qui représente la partie la plus froide de la maison, il est impératif de garantir une isolation adéquate afin de minimiser les pertes de chaleur.

Quant à l'exposition ouest, le soleil est particulièrement fort l'après-midi jusqu'au coucher du soleil.

En ce qui concerne l'exposition est, les pièces bénéficient de la lumière du soleil le matin et se refroidissent en fin de journée.

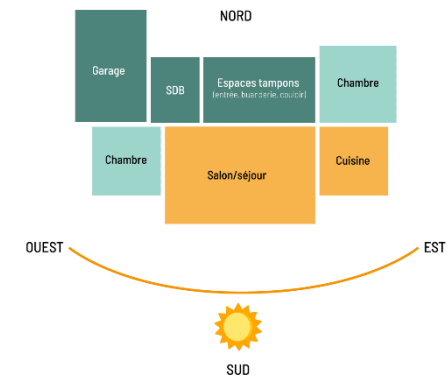
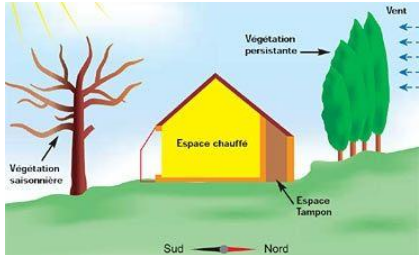
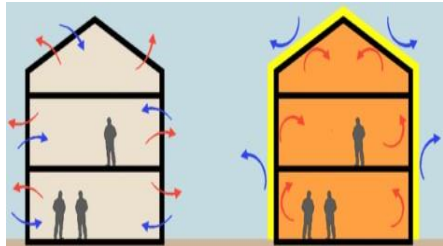

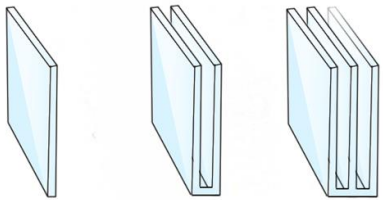
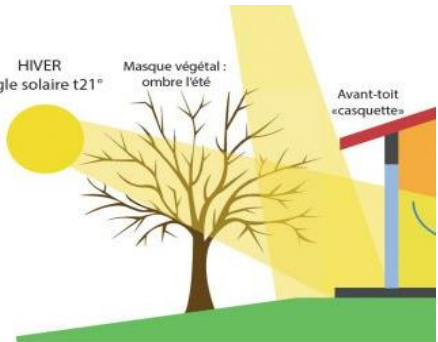


Figure 7: disposition bioclimatique des pièces.
Source : <https://www.homaj.fr/blog/2019/les-grands-principes-de-la-construction-bioclimatique/>

	L'exposition sud, quant à elle, est la plus favorable pour profiter d'un ensoleillement optimal, offrant une luminosité et une chaleur appréciables.	
<p style="text-align: center;">La végétation</p>	Elle offre une protection contre le soleil saisonnier, abrite des vents, rafraîchit l'air grâce à l'évaporation et filtre les particules de poussière en suspension.	 <p style="text-align: center;"><i>Figure 8: Rôle de la végétation. Source : slideshare</i></p>
Paramètres liés à l'enveloppe		
<p style="text-align: center;">L'isolation des parois vitrées ou opaques</p>	Pour améliorer le confort thermique et retenir la chaleur dans une structure, il est essentiel de garantir une isolation efficace des surfaces vitrées et des parois opaques. En effet, ces éléments constituent la principale source de pertes de chaleur, dues aux divers modes de transmission, allant du milieu chaud vers le milieu froid.	 <p style="text-align: center;"><i>Figure 9: isolation bâtiment. Source : isolation optimale.</i></p>

<p>Le choix de matériaux</p>	<p>Reconnu comme l'un des éléments clés de la conception, cet aspect influe significativement sur le confort des occupants, les économies d'énergie et le bilan écologique global du bâtiment, en tenant compte également de son impact sur l'environnement.</p>	 <p>Figure 10: Matériaux d'une maison éco-logis, Source : http://bahema-multitravaux.fr/</p>
<p>Les fenêtres et les types de vitrages</p>	<p>Les fenêtres sont perçues comme le maillon faible de l'enveloppe du bâtiment. Il est impératif d'opter pour une conception appropriée en termes de dimensions et de disposition afin de tirer pleinement parti des apports énergétiques et lumineux tout en minimisant les pertes de chaleur. De plus, le choix de fenêtres à haut rendement énergétique permet également de réduire les pertes de chaleur par ces ouvertures.</p>	 <p>Figure 11: Les types de vitrages. Source : www.fenetre-isolation.com</p>
<p>Protection solaires</p>	<p>Durant la saison estivale, caractérisée par des températures élevées, il peut être nécessaire de mettre en place des protections solaires pour éviter la surchauffe. Parmi les stratégies de protection solaire disponibles, on compte l'utilisation du masque végétal ou d'un avant-toit (casquette).</p>	 <p>Figure 12: Schéma représentant les méthodes de protection solaires. Source : www.inex.fr</p>

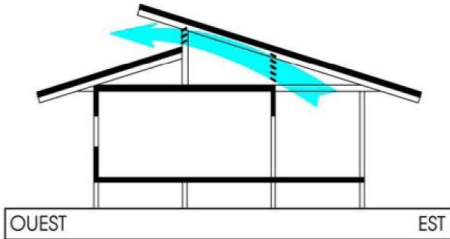
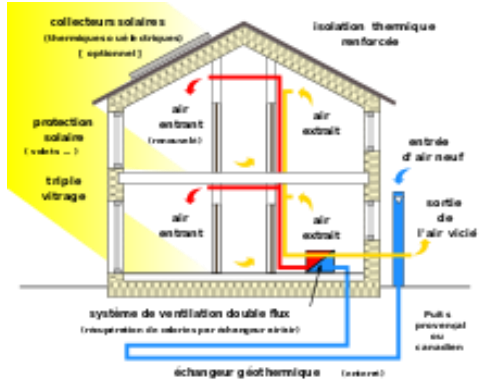
<p>Ventilation Naturelle</p>	<p>Il s'agit de tirer parti des vents dominants sur le site afin de favoriser une circulation d'air optimale à l'intérieur de la construction. Parmi les techniques employées à cette fin, on trouve la création de combles ventilés ou l'élévation de la toiture par rapport à la structure principale de la maison.</p>	 <p>Figure 13: Schéma de ventilation naturelle d'une construction. Source : www.aquaa.fr</p>
<p align="center">Paramètres techniques</p>		
<p>Climatisation Passive</p>	<p>Actuellement, on privilégie de plus en plus l'utilisation de systèmes de climatisation passive, en concevant et équipant les habitations de manière à éliminer le besoin d'un système de climatisation actif.</p>	 <p>Figure 14 : Climatisation Passive. Source : https://www.guide-climatisation.com/reglementation-climatisation/</p>

Tableau 2: Les paramètres de l'architecture bioclimatique. Source : Hacene Mouloud et Boulabbas Mohamed Islam 2022 Modifié par l'Auteur

3.Efficacité énergétique

La notion d'efficacité (ou efficience) énergétique d'un système, en physique, se définit par le rapport entre le niveau d'énergie utile qu'il délivre et celui de l'énergie consommée, nécessaire à son fonctionnement. Plus largement, le concept désigne un ensemble de solutions techniques et/ou logistiques permettant de réduire la consommation énergétique d'un système pour un service rendu identique voire supérieur, ainsi que leurs procédures d'évaluation (youmatter.world consulté en 2023).

Par exemple, on dit qu'un système d'éclairage a une efficacité énergétique supérieure s'il permet d'éclairer une pièce en utilisant moins d'énergie qu'un autre. C'est le cas des LED par rapport aux ampoules classiques. Les systèmes intégrant des critères et actions d'efficience énergétique se retrouvent principalement dans les secteurs suivants : le bâtiment (habitat pavillonnaire ou collectif, urbanisation, équipements...), le transport (véhicules particuliers, transports en commun, fret), l'industrie (biens et services) (youmatter.world consulté en 2023).

3.1 L'efficacité énergétique dans le bâtiment :

Aujourd'hui, l'objectif est de rénover les bâtiments existants et d'en construire de nouveaux, moins énergivores. L'efficacité énergétique est exprimée par le COP (coefficient de performance) quand il s'agit de production de chaleur, par l'EER (coefficient d'efficacité énergétique) pour les appareils produisant du froid (edfenr.com consulté en 2023). La différence entre l'efficacité énergétique et les économies d'énergie réside dans le fait que les économies d'énergie sont les résultats d'une réduction de la consommation d'énergie. L'efficacité énergétique, quant à elle, c'est utiliser moins d'énergie sans perdre en qualité ou en confort.

L'opinion de la loi sur l'efficacité énergétique met en lumière le rôle central de l'énergie dans des enjeux cruciaux tels que la crise énergétique, le développement durable et le réchauffement climatique. En effet, l'efficacité énergétique est un critère pertinent pour estimer les dépenses en matière d'énergie et mettre en place une réduction de la consommation énergétique (edfenr.com consulté en 2023). Ces considérations soulignent l'importance croissante de politiques visant à promouvoir une utilisation plus efficace de l'énergie.

La réglementation RT2012, entrée en vigueur le 1er janvier 2013, impose une limite de consommation d'énergie maximale de 50 kWhEP/m²/an en moyenne, correspondant au niveau des bâtiments de basse consommation (BBC). Bien que moins énergivore que les réglementations précédentes, la RT2012 ne représentait qu'une étape vers la réglementation en vigueur en 2021 (la RT 2020), qui exige désormais la construction de bâtiments à énergie positive. (Edfenr.com consulté en 2023) Cette évolution témoigne d'une transition vers des normes plus strictes visant à encourager des pratiques de construction plus durables et à réduire l'empreinte énergétique des bâtiments.

3.2 Types d'efficacité énergétique :

Il existe deux types d'efficacité énergétique qui peuvent être distingués : l'efficacité énergétique passive et l'efficacité énergétique active. (Edfenr.com consulté en 2023)

Type d'efficacité énergétique	Efficacité énergétique passive	Isolation	Ventilation	Equipements de chauffage d'un bâtiment.
		L'isolation est cruciale pour l'efficacité énergétique des bâtiments en réduisant le transfert de chaleur, notamment grâce à des matériaux comme la laine de verre. Environ 50 % de la prévention des pertes de chaleur est due à une isolation adéquate.	Elle est essentielle pour l'efficacité énergétique des bâtiments, avec des impacts variables selon les systèmes utilisés. (solerpalau.com) La ventilation naturelle contribue à la fois à l'efficacité énergétique et à la santé des occupants. (solerpalau.com) Cependant, l'efficacité des systèmes mécaniques influence la consommation d'énergie.	L'optimisation implique la conception du système, l'isolation et les mécanismes de contrôle. Par ailleurs, des facteurs tels que l'orientation du bâtiment influent sur son efficacité. Enfin, l'exploration de la relation entre les formes urbaines et la performance énergétique lie le développement durable à l'efficacité énergétique.
	Domotique	Gestion de l'énergie	GTB (Gestion Technique du Bâtiment).	
	Efficacité énergétique active	Il s'agit d'incorporer la technologie dans les foyers afin d'optimiser l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments résidentiels et commerciaux grâce à l'automatisation, en régulant les systèmes de chauffage, en prévenant les pertes thermiques et en assurant une utilisation énergétique efficace.	La gestion de l'énergie est intrinsèquement liée à l'efficacité énergétique, se concentrant sur des solutions stratégiques visant à réduire la consommation et à améliorer l'efficacité financière. En priorisant l'optimisation de la consommation, elle cherche à réduire l'intensité énergétique des services.	Il s'agit d'un système qui offre aux entreprises la possibilité de surveiller et d'optimiser la consommation d'énergie dans les bâtiments, permettant ainsi une gestion optimale des installations diverses, entraînant des économies de coûts et un fonctionnement plus efficace.

Tableau 3 : Types d'efficacité énergétique. Source : Auteur

4. Les labels et certifications

4.1 Introduction

Les labels et certifications jouent un rôle central dans la mise en œuvre de stratégies de développement durable, couvrant divers secteurs tels que l'urbanisme, l'énergie et les initiatives climatiques. Ces désignations fournissent un cadre permettant de mettre en place et de reconnaître des pratiques durables.

Sur le plan des entreprises, la recherche de certifications telles que la RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises) est courante pour démontrer un engagement envers la responsabilité sociale. Les divers labels de RSE existants facilitent le choix de la certification la plus pertinente pour les opérations de chaque entreprise.

Dans le domaine du développement de projets, les parties prenantes peuvent choisir des labels ou certifications pour orienter et valider leurs initiatives, garantissant ainsi leur alignement avec les principes du développement durable. Plusieurs normes internationales, dont l'ISO 14001, se concentrent sur l'impact environnemental et les pratiques durables.

Au-delà du secteur des affaires, les certifications s'étendent au tourisme, avec divers labels et normes qui promeuvent des pratiques durables dans l'industrie. Le choix judicieux d'une certification implique d'évaluer sa capacité à mesurer et à vérifier l'intégration de mesures durables dans un contexte spécifique.

Les certifications axées sur les bâtiments et les lieux de travail, telles que les éco-labels, se révèlent être des outils efficaces pour promouvoir des structures respectueuses de l'environnement et des environnements de travail durables. Des entreprises telles que Total.fr bénéficient d'une reconnaissance internationale pour leur stratégie de développement durable grâce à un label complet évaluant divers critères.

Naissance des labels et certifications dans cadre du développement durable

L'émergence de labels et de certifications dans le contexte du développement durable témoigne d'un effort mondial pour formaliser et reconnaître les pratiques durables. Ces certifications, comme les labels RSE, évaluent et valident l'intégration de mesures durables au sein des entreprises, garantissant le respect des normes de responsabilité environnementale et sociale. (Greenwashingeconomy.com consulté en 2023) Dans le secteur du bâtiment, les certifications jouent un rôle crucial, avec des labels certifiant les performances et le respect des cadres juridiques, soulignant l'importance croissante de démontrer un

engagement en faveur du développement durable dans les opérations commerciales. (quelleenergie.fr) Ces certifications, souvent basées sur des normes internationales comme ISO 14001, servent de référence pour des pratiques respectueuses de l'environnement, promouvant le développement durable à l'échelle mondiale (cairn.info) (services.totalenergies.fr).

4.2 Définition des labels et certifications dans le secteur du bâtiment :

Les labels et certifications dans le secteur du bâtiment désignent des reconnaissances officielles garantissant des normes et des qualités spécifiques dans la construction. Ces désignations assurent la conformité aux normes environnementales, de performance, et de qualité, dépassant souvent les exigences légales.

4.3 But des labels et certifications dans le secteur du bâtiment :

Les labels certifient la performance des matériaux, des artisans ou des bâtiments, allant au-delà des normes légales, et garantissent volontairement une qualité supérieure (qualitel.org). Ils incluent des certifications notables telles que Qualibat, RGE (Reconnu Garant de l'Environnement), et Artisan de Confiance. (ibat-solution.com) (ebp.com)

Leur objectif environnemental est souligné par des certifications telles que la Haute Qualité Environnementale (HQE) (youmatter.world). Ce processus est volontaire, indiquant un engagement envers des normes plus élevées que celles exigées par la réglementation, et assure une transparence accrue pour les clients. (ibat-solution.com consulté en 2023)

4.4 Rôle des labels et certifications dans le secteur du bâtiment :








Rôle	Explication
Cadre juridique	Les certifications, encadrées par la loi, assurent un niveau de fiabilité plus élevé que les labels, qui manquent de fondement juridique (quelleenergie.fr) (ibat-solution.com).
Reconnaissance de la qualité	Les labels, souvent délivrés par des entités privées, reconnaissent la qualité d'un bâtiment ou une expertise spécifique dans le secteur de la construction (adci.fr) (ibat-solution.com).
Certifications communes	Notables comme Qualibat, RGE, et Artisan de Confiance, garantissent les normes dans l'industrie de la construction (ebp.com).
Normes internationales	Les certifications et labels assurent aux occupants un certain niveau de qualité et de confort, les normes internationales contribuant à une reconnaissance mondiale (ecopassivehouses.com).
Orientation environnementale	Certifications comme HQE et labels comme NF Habitat mettent l'accent sur l'efficacité environnementale et énergétique des bâtiments (calculcee.fr) (jpinfo.fr).
Application diversifiée	Labels comme Effinergie et BBCA s'appliquent à divers aspects de la performance des bâtiments, démontrant un engagement envers différentes normes de qualité (decennale.com).

Tableau 4 : Tableau 4 Rôle des Labels et certifications dans le secteur du bâtiment. Source : Auteur

4.5 Les labels et certifications des bâtiments les plus répandues au monde :

4.5.1 Les types des certifications :

Les certifications pour les bâtiments durables

Certifications	Pays	Objectif	Catégories Évaluées	Niveaux de Certification	Cibles de la Certification
Qualibat	France 	Label de qualification et reconnaissance.	Qualifications professionnelles, Certifications professionnelles, Certifications des systèmes de gestion, Reconnaissance en Traitement du Bois, Label de qualité pour la construction, Certification environnementale, Reconnaissance des activités plus larges.	4 ans	
BREEAM	Royaume-Uni  International	Évaluer la durabilité environnementale.	Gestion, santé et bien-être, énergie, transport, eau, matériaux, déchets, utilisation du sol, innovation.	Pass, Good, Outstanding, Excellent, Platinum.	Réduction de la consommation d'énergie et de CO2 jusqu'à 40%, évaluation de l'impact environnemental global.
LEED	Etats-Unis  International	Évaluer la durabilité des bâtiments.	Sites durables, Efficacité de l'eau, Énergie et atmosphère, Matériaux et ressources, Qualité de l'environnement intérieur, Innovation et design (ID).	Certifié, Argent, Or, Platine. 	Durabilité économique, écologique, socioculturelle, fonctionnelle, technique et lieu.
RGE	France 	Garantir la qualité des professionnels.	Professionnels du bâtiment, Installateurs de systèmes d'énergie renouvelable, Professionnels de l'efficacité énergétique.		Travaux de rénovation et d'efficacité énergétique, respect des normes environnementales.
BBCA	France 	Encourager la réduction des émissions de carbone.	Émissions de carbone tout au long du cycle de vie, Efforts de construction et d'exploitation, Réduction de l'empreinte carbone, Justification de la construction.	Bronze, Argent, Or, Platine. 	Réduction des émissions de carbone, pratiques de construction durables, exemplarité du bâtiment, justification raisonnée de la construction.


<p>HQE Haute Qualité Environnementale</p>	<p>France</p>  <p>International</p>	<p>Promouvoir la construction respectueuse de l'environnement.</p>	<p>Écoconstruction Écogestion Confort Santé et qualité d'usage</p>	<p>Standard Performant Très Performant</p>	<p>14 objectifs, incluant éco-construction, éco-gestion, confort, santé, avec seuil minimal de sept cibles pour l'obtention de la certification un projet doit atteindre au moins sept cibles pour le niveau « de base ». Le niveau « performant » en exige onze, contre quatorze, soit la totalité, pour un niveau « très performant ».</p> <p>Écoconstruction :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une relation harmonieuse entre le bâtiment et son environnement immédiat • le choix intégré des systèmes, produits et procédés de construction • un chantier à faible nuisance, qu'il s'agisse de bruit, de déchets ou de pollution <p>Écogestion :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une gestion efficace et environnementale de l'énergie • une gestion efficace et environnementale de l'eau • une gestion efficace et environnementale des déchets produits <p>une gestion efficace et environnementale de l'entretien et de la maintenance</p> <p>Confort :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le niveau de confort hygrothermique • le niveau de confort acoustique • le niveau de confort visuel • le niveau de confort olfactif <p>Santé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le niveau de qualité sanitaire des espaces • le niveau de qualité de l'air • le niveau de qualité de l'eau
---	---	--	--	--	---

Tableau 5 : Les Certifications de Bâtiment. Source : Auteur

Synthèse :

Les labels et certifications dans le secteur du bâtiment jouent un rôle important en garantissant des normes élevées de qualité, de durabilité et de performance. Ils servent à reconnaître et à promouvoir les entreprises et les projets qui s'engagent volontairement à respecter des critères rigoureux, dépassant souvent les exigences réglementaires. Des certifications nationales telles que Qualibat et RGE, ainsi que des certifications internationales telles que BREEAM, LEED et DGNB, témoignent de l'engagement mondial envers des pratiques de construction durables. Les labels et certifications contribuent à orienter l'industrie du bâtiment vers une approche plus respectueuse de l'environnement, élevant les normes de qualité et promouvant une construction responsable à l'échelle mondiale.

5.Le confort en architecture

5.1 Définition du confort :

Le confort en architecture, est défini comme le bien-être matériel résultant des commodités disponibles, il revêt une importance fondamentale dans la conception des bâtiments. Il englobe également divers facteurs, tels que les éléments thermiques, tactiles, visuels, acoustiques et olfactifs (fr.slideshare.net)(xpair.com).

Les architectes jouent un rôle essentiel dans le maintien du confort, en veillant à une interaction harmonieuse avec l'environnement et en prenant en considération plusieurs dimensions comme le confort thermique et olfactif (issuu.com). Atteindre le confort thermique implique d'éviter que les individus aient trop chaud ou trop froid (elearn.univ-tlemcen.dz), tandis que le confort olfactif est lié à la perception des odeurs (fr.slideshare.net).

En examinant le concept de confort en architecture, il devient évident qu'il va au-delà de l'aisance physique pour englober une approche holistique. Les architectes doivent tenir compte de multiples facettes, y compris les dimensions thermiques, tactiles, phonétiques, visuelles, hygrométriques et olfactives, pour créer des environnements qui favorisent le bien-être à travers diverses expériences sensorielles (passivact.fr).

Ainsi, le confort en architecture est une expérience multidimensionnelle où la conception architecturale, la régulation thermique et d'autres considérations jouent un rôle essentiel (passivact.fr).

5.2 Types de confort :

En architecture, divers types de confort contribuent à façonner des espaces bien conçus et agréables :

- **Confort Moderne** : L'architecture contemporaine cherche à instaurer un sentiment de bien-être physique et mental, créant ainsi une atmosphère propice aux occupants (elearning.univ-bejaia.dz).
- **Confort Hygrothermique** : Axé sur le maintien d'un équilibre optimal entre la température et l'humidité, ce type de confort garantit un environnement thermique agréable (elearn.univ-tlemcen.dz).
- **Confort Visuel** : Intégrant des éléments de conception qui améliorent l'attrait visuel et minimisent la fatigue oculaire, favorisant ainsi une expérience visuelle plaisante (elearn.univ-tlemcen.dz).
- **Confort Acoustique** : Traitant du contrôle du son pour créer des espaces avec une acoustique adaptée, il minimise les perturbations sonores et encourage la tranquillité (elearn.univ-tlemcen.dz).
- **Approche Globale du Confort** : Considérant divers facteurs tels que les aspects thermiques, tactiles, phonétiques, acoustiques, visuels, hygrométriques et olfactifs, cette approche holistique façonne le confort dans la conception architecturale (passivact.fr).
- **Confort Étendu** : Englobant les sensations thermiques, tactiles, acoustiques, olfactives et visuelles, ce type de confort souligne la nature multiforme du bien-être dans les contextes architecturaux (xpair.com).

5.3. Comment assurer le confort dans un bâtiment ?

Pour garantir le bien-être des occupants dans un bâtiment, il est essentiel de prendre diverses mesures tout au long du processus de conception et de construction. Une première étape consiste à évaluer et à améliorer l'isolation du bâtiment, un aspect fondamental pour réguler la température intérieure et minimiser les pertes ou gains de chaleur (europe-energie.com). Une attention particulière doit également être accordée aux fenêtres, en optant par exemple pour des modèles à double ou triple vitrage afin d'améliorer les performances thermiques (hellowatt.fr).

Dès la phase de conception, il est important d'adopter des mesures passives adaptées au climat et à l'environnement, contribuant non seulement à des conditions de vie agréables

mais également à une efficacité économique (researchgate.net consulté en 2023). Le contrôle des changements de température est également essentiel. Assurer une variation graduelle de la température évite les fluctuations brusques, contribuant ainsi au confort des occupants (biobric.com).

Un aspect souvent négligé est le confort acoustique. Limiter l'émission et la transmission du bruit joue un rôle significatif dans l'expérience globale des occupants (guidebatimentdurable.brussels). Enfin, pour un confort optimal toute l'année, l'exploration de systèmes tels que le refroidissement hydraulique du sol ou du plafond peut être envisagée (cercle-promodul.inef4.org).

Ces approches garantissent un environnement intérieur agréable, indépendamment des saisons. En combinant ces mesures, il est possible de créer des espaces répondant aux normes élevées de confort, équilibrant efficacité énergétique et bien-être des utilisateurs.

5.3 L'objectif de confort en architecture :

L'objectif de créer des espaces confortables en architecture englobe plusieurs dimensions visant à améliorer le bien-être des occupants. Ces dimensions incluent :

- La conception architecturale se focalise sur la fourniture de conditions thermiques optimales, assurant ainsi le confort des utilisateurs dans le bâtiment (issuu.com) (xpair.com).
- Une approche holistique du confort prend en considération les aspects tactiles, acoustiques, visuels, olfactifs et hygrométriques, créant ainsi une expérience multi sensorielle pour les occupants (passivact.fr).
- L'évolution historique montre que, au fil du temps, les efforts pour améliorer le confort ont été adaptés aux évolutions des besoins humains (elearn.univ-tlemcen.dz).
- La performance des bâtiments, en particulier en termes de confort thermique, est étroitement liée à l'efficacité énergétique, soulignant l'importance d'une conception durable (bibliotheque.assnat.qc.ca)(culture.gouv.fr).
- Le choix des matériaux de construction joue un rôle essentiel, où des matériaux lourds sont privilégiés pour contribuer à la régulation thermique (calameo.com).
- L'optimisation architecturale est essentielle, nécessitant une approche intégrée pour minimiser les besoins énergétiques tout en maximisant le confort (guidebatimentdurable.brussels).

La recherche du confort en architecture englobe une approche globale, intégrant des principes contemporains de durabilité tout en respectant l'évolution historique des besoins humains.

6.Industrialisation et Infrastructures Inclusives et Durables

(Voir annexes page 116)

7.Analyses des exemples

(Voir annexes page 124)

Conclusion

Ce chapitre a établi les fondations nécessaires pour comprendre les concepts clés qui sous-tendent notre projet de parc éco-industriel à Blida, Algérie. Nous avons exploré en profondeur les principes du développement durable et leur application dans le secteur du bâtiment, soulignant l'importance de l'architecture bioclimatique et de l'efficacité énergétique. Les labels et certifications, essentiels pour garantir la durabilité des constructions, ont été examinés en détail, ainsi que leur rôle crucial dans la promotion de bâtiments plus performants et respectueux de l'environnement.

Nous avons également discuté du confort en architecture, un aspect vital pour le bien-être des occupants, et de l'industrialisation durable à travers les concepts des parcs éco-industriels. L'analyse des exemples a permis de mettre en lumière les meilleures pratiques et les leçons apprises de projets similaires à travers le monde.

Cette synthèse des connaissances nous prépare à aborder les phases de conception et de mise en œuvre de notre projet avec une vision claire et des outils conceptuels robustes. En intégrant ces principes, nous visons à créer un environnement bâti qui soit à la fois fonctionnel, durable et bénéfique pour la communauté de Blida.

CHAPITRE 03 :

CAS D'ETUDE

Introduction

Tout projet architectural réussi dans le monde, que ce soit une conception élaborée par des architectes professionnels ou des étudiants en architecture, se distingue par son intégration harmonieuse dans son contexte environnemental. Les bonnes conceptions architecturales s'intègrent pleinement et s'harmonisent avec leur environnement, répondant ainsi aux exigences spécifiques du site avant de satisfaire les besoins fonctionnels.

Pour atteindre cet objectif, tous les architectes sont appelés à effectuer une analyse approfondie du site et à faire un choix éclairé de l'emplacement de leur projet. Ils doivent répondre aux contraintes du site en concevant des solutions qui réunissent plusieurs aspects, créant ainsi un design qui répond non seulement à des contraintes spécifiques mais qui incarne également l'esprit créatif de son concepteur.

1. Pourquoi la zone industrielle de Blida ?

Nous avons choisi d'intégrer notre projet à Blida dans une zone appelée "zone industrielle" :

- La situation géographique cruciale de la région et les conditions climatiques récemment devenues plus agressives, représentant ainsi un défi qu'il faut relever.
- Il est important de noter qu'aucun projet existant n'a été certifié dans cette ville.
- La négligence de l'environnement et les constructions quelconques sont des problèmes persistants que nous cherchons à résoudre avec notre projet.
- Notre intention est d'intégrer un projet spécifique industrielle de notre initiative à la zone, répondant ainsi à la réglementation existante du PDAU.

2. La découverte du site !

2.1. Blida, une ville des roses au cœur du nord Algérien

Blida, située à 47 km au sud-ouest d'Alger et à 26 km au nord-est de Médéa, renforce sa position centrale dans le réseau urbain algérien. De plus, étant positionnée sur la bordure sud de la plaine de la Mitidja, à 22 km de la mer, elle offre une transition entre les régions plus montagneuses et la plaine côtière. Cette position unique influence non seulement son climat, mais également son rôle dans la connectivité régionale. Aussi Blida fait partie de l'aire métropolitaine d'Alger et c'est une future région métropolitaine.

L'extension de l'unité urbaine de Blida sur des communes avoisinantes, telles qu'Ouled Yaïch, Soumaa, Bouarfa, Beni Mered et Guerouaou, témoigne de son influence régionale.

Par conséquent, cette expansion renforce les liens sociaux, économiques et architecturaux entre ces communautés.

2.2. Blida, un Carrefour Métropolitain

Plus de son emplacement stratégique, Blida, relie des centres urbains majeurs tels qu'Alger et Tipaza, elle agit comme un carrefour métropolitain. Ce positionnement privilégié favorise les échanges socio-économiques et culturels entre ces villes. En outre, elle est considérée comme la ville-pont où la faille traverse les Atlas blidéens.

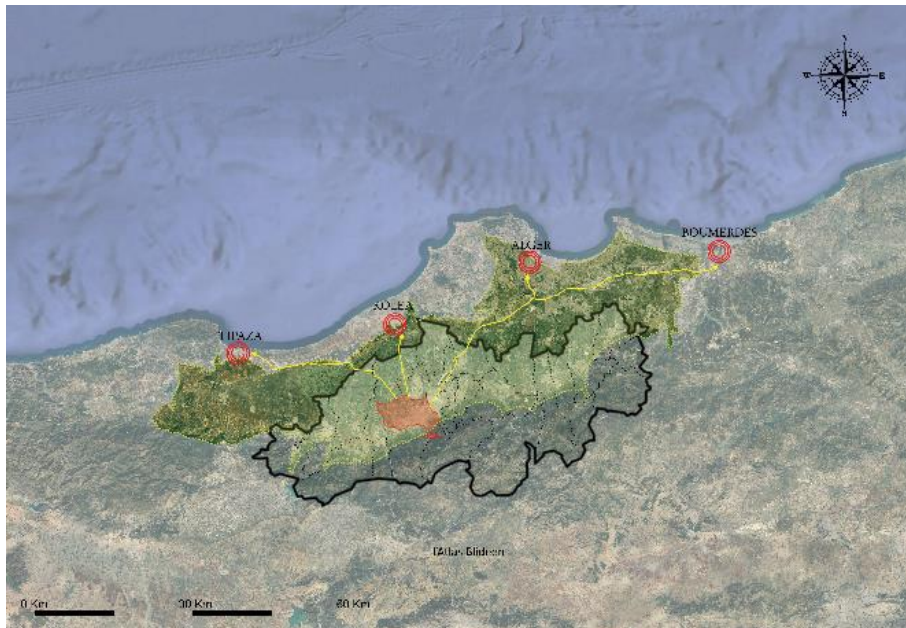


Figure 15 : La ville de Blida dans le territoire de la Mitidja. Source : Auteur.

2.3. Blida, une Urbanisation Délimitée par des massifs naturels

La ville de Blida se limite principalement par des limites naturelles telle que la Mitidja et la montagne, le piémont et des limites artificiel tel que les deux zones militaire et industriel:

- La plaine de la Mitidja constitue un ensemble de terres très fertiles et à faibles pentes. Dans sa partie occidentale, on observe une décroissance d'altitude du sud vers le nord, variant de 150 à 50 mètres, avec des pentes faibles, parfois nulles. Les sols de cette plaine sont parmi les plus propices, avec des diversités des sols qui crée des opportunités variées en matière de cultures. La superficie totale de cette zone s'élève à 58 800 ha, offrant ainsi un vaste terrain propice à différentes pratiques agricoles (aniref.dz consulté en déc. 2023).

- Le sommet central de l'Atlas atteint une altitude de 1 600 mètres. Les pentes très raides, dépassant 30%, subissent une érosion intense et sont dépourvues de couverture forestière. Seul le piémont, situé à une altitude variante entre 200 et 600 mètres, offre des conditions propices à l'activité agricole. La superficie totale de cette zone s'élève à environ 88 962 hectares (aniref.dz consulté en déc. 2023).

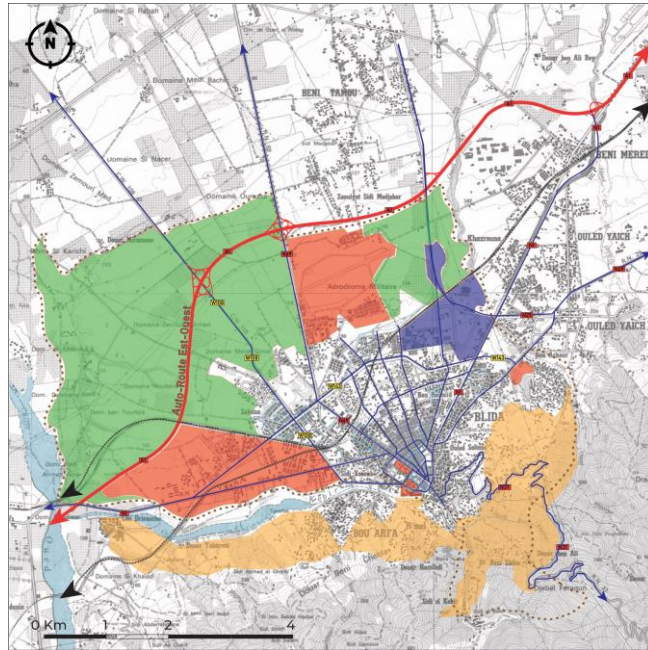


Figure 16 : Les contraintes d'urbanisation de la ville et la consommation spatiale du foncier urbanisable par les Zones Militaires (ZM) et les Zones Industrielles (ZI). Source : Auteur.

2.4. Blida, Un développement en Éventail Ouverte avec un réseau routier complexe

La ville de Blida, façonnée par une croissance urbaine évoquant une forme d'éventail, présente une structure viaire complexe, articulée autour de plusieurs axes majeurs. Au cœur de cette configuration, nous trouvons deux axes régulateurs principaux : la route nationale 69 (RN 69) la route nationale 1 (RN 01), prolongent le noyau historique de la ville en direction de l'autoroute est-ouest.

Quant aux axes régulateurs secondaires, ces derniers jouent un rôle crucial dans l'organisation urbaine. La route nationale 1 (RN 01), s'étendant de Chiffa vers le noyau historique, ainsi que des axes radiaux tels que la Rue Mohamed Ouali, la Rue Cherif Chalabi, la Rue de la Palestine, la Rue Belkacem El Ouazri, l'Avenue Mustapha Benboulaïd, et la Rue Yousfi Abdelkader, contribuent à la croissance de la ville.

Le réseau urbain comprend également des axes régulateurs structurant le noyau de la ville, tels que le Boulevard Colonel Lotfi, la Rue El-Qods, et le Boulevard Abderrezak TAKARLI.

Les limites de la première couronne sont marquées par le Boulevard Mohamed Boudiaf, tandis que la deuxième couronne est délimitée par l'Avenue 11 Décembre 1960 ou la Route Wilayale 143. Ces axes horizontaux influent sur la croissance de la ville.

L'axe ferroviaire, initialement contraignant, a évolué pour devenir un levier d'extension de la ville, avec la gare ferroviaire jouant un rôle clé.

L'axe montagneux de la route nationale 37 (RN 37), menant à la commune de Chréa, intègre une station de téléphérique de Benachour vers Chréa, traversant également Beni Ali.

La ville de Blida est parsemée de nœuds importants, agissant comme des portes d'accès entre les axes régulateurs principaux radiaux et les axes régulateurs horizontaux. Des nœuds historiques, tels que les six portes anciennes de Blida (Bab Essebt, Bab el Khouikha, Bab Ezzaouia, Bab Edzair, Bab Errahba, Bab el Qbour), et des nœuds urbains, entre les axes régulateurs secondaires radiaux et horizontaux, définissent des points clés dans la trame urbaine.

En termes de connexions, la ville est traversée par l'autoroute est-ouest reliant Oran et Alger. La route nationale 69 (RN 69) conduit à Koléa, le chemin de wilaya 108 (CW 108) à Attatba, la route nationale 1 (RN 01) vers l'autoroute est-ouest, Chiffa, et Médéa, la route nationale 29 (RN 29) à Bouinan, tandis que l'axe ferroviaire dessert Affroun et Alger.

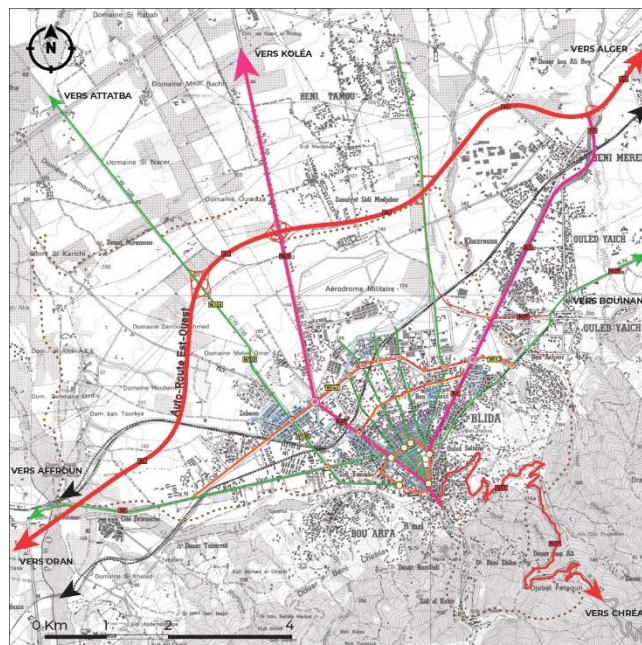


Figure 17 : La structure des infrastructures viaires de la ville de Blida. Source : Auteur

2.5. Blida, Multiples Visages Démographiques

La population était estimée à 1 275 568 habitants en 2018, avec une densité avoisinant les 863.6 habitants au km² et un taux de croissance de la population de 2,3% (aniref.dz consulté en déc. 2023). Cependant, selon les statistiques de 2008, la population était d'environ 1 000 000 habitants, dont plus de 22% étaient concentrés à Blida et Ouled Yaich. Il est intéressant de noter que le taux de croissance à Ouled Yaich est plus élevé qu'à Blida, malgré la population plus importante à Blida (citypopulation.de consulté en 2023).

De plus, on observe un pourcentage équilibré entre les hommes et les femmes, et plus de 50% de la population des deux communes est composée de jeunes (âgés de 0 à 29 ans). Et ce dernier a une influence sur notre projet où nous devons viser la population future. (citypopulation.de consulté en 2023)

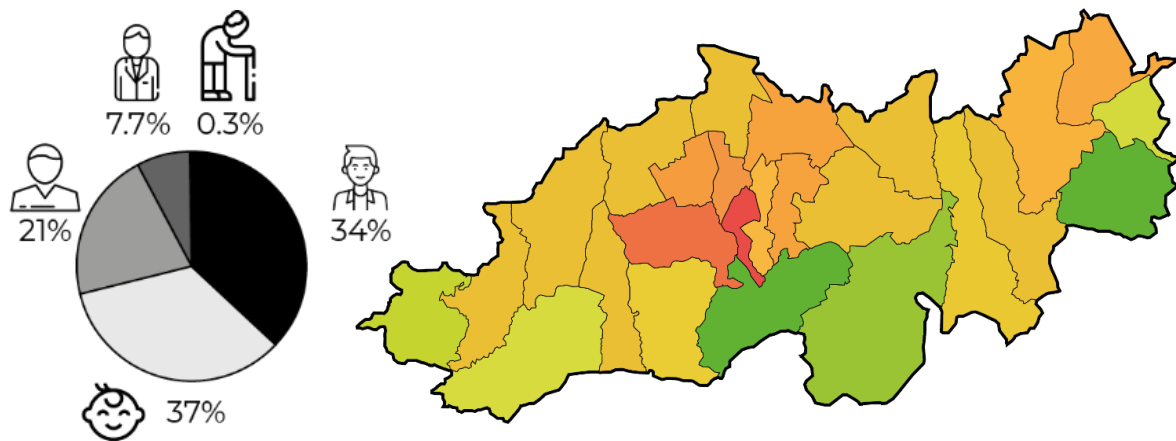


Figure 18 : Structure démographique de la wilaya de Blida. Source: Auteur

2.6. Blida, entre l'Éducation et l'Industrie

Selon l'analyse démographique, on a remarqué que le taux de population jeune est trop élevé. Pour remédier à cela, on constate que le nombre d'équipements éducatifs est également élevé. Parallèlement, ces équipements comprennent des universités, des écoles primaires, des CEM, des lycées et des centres de formation. Cependant, ils sont répartis de manière disparate, sans logique, ce qui a des conséquences sur le fonctionnement des voies routières.

En deuxième position, on trouve les équipements industriels regroupés au nord de la commune de Blida, à proximité de l'accès à l'autoroute. Pour le reste des équipements, on observe une variété entre les équipements administratifs, de santé, commerciaux et sportifs, transports, loisir. Cette diversité d'installations contribue à la dynamique de la commune,

mais il est essentiel de reconsidérer la planification pour optimiser leur répartition et améliorer l'efficacité globale du réseau urbain.

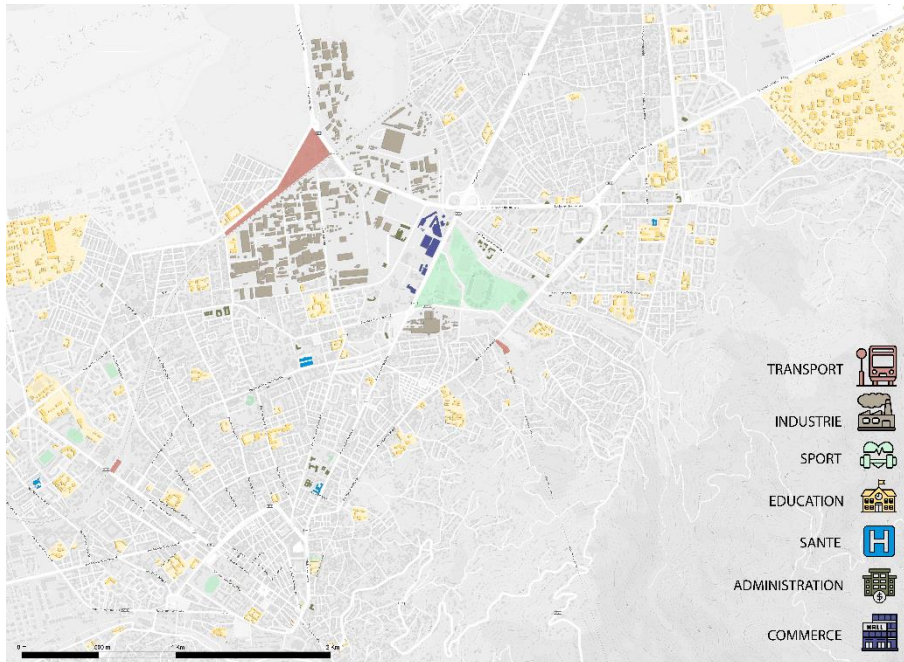


Figure 19 : Structure Fonctionnelle de la ville de Blida. Source: Auteur

2.7. À la découverte de la « zone industrielle », porte d'entrée de Blida

Situé au nord-est de la commune de Blida, cette zone est considérée comme la porte d'accès des deux communes Ouled Yaich et Blida, elle est positionnée loin du tissu encombré de la ville et offre une flexibilité d'accès direct depuis l'autoroute.

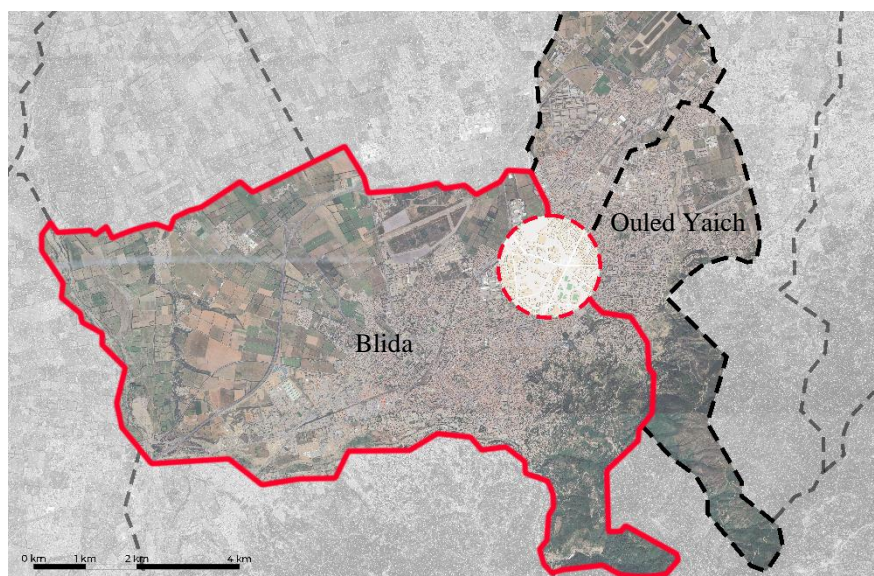


Figure 20 : Situation urbaine de l'aire d'étude. Source: Auteur

2.7.1. Une zone avec une Dispersion Urbaine

Cette zone se caractérise par un tissu bâti diversifié incluant usines, entrepôts, et bureaux, reflétant la variété des activités industrielles. Son rôle clé dans le développement économique régional est indiscutable. Les espaces non bâtis offrent des opportunités d'expansion, mais actuellement, le pourcentage d'espace bâti et non bâti est fortement déséquilibré, avec une nette prédominance des zones non bâties.

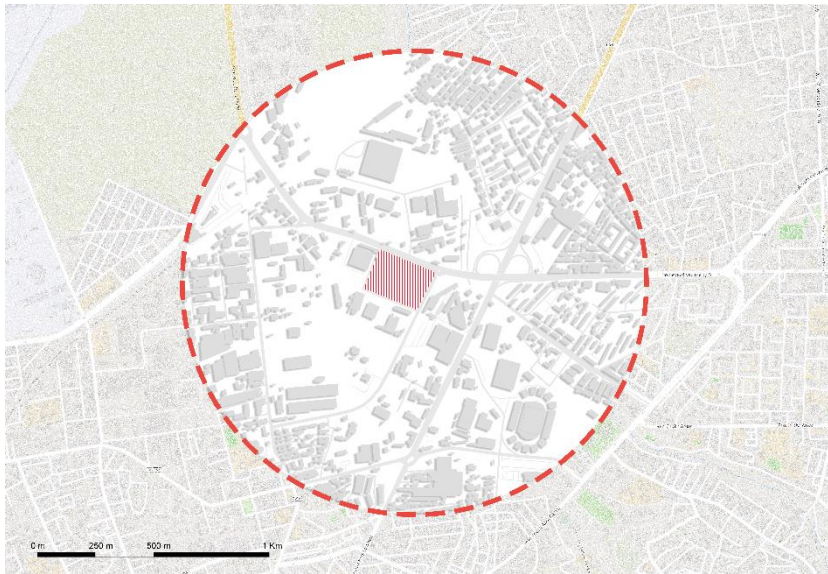


Figure 21: carte du bâti et non bâti de la zone industriel Blida. Source: Auteur

2.7.2. Une zone Fortement Commerciale et Industrielle

Elle présente une diversité d'équipements, avec un accent sur les activités industrielles, indiquant une concentration d'activités manufacturières. La gare routière offre une connectivité, facilitant le transport des travailleurs. Les services commerciaux tels que Family Shop et Printemps, décathlon suggèrent une diversification des services et une

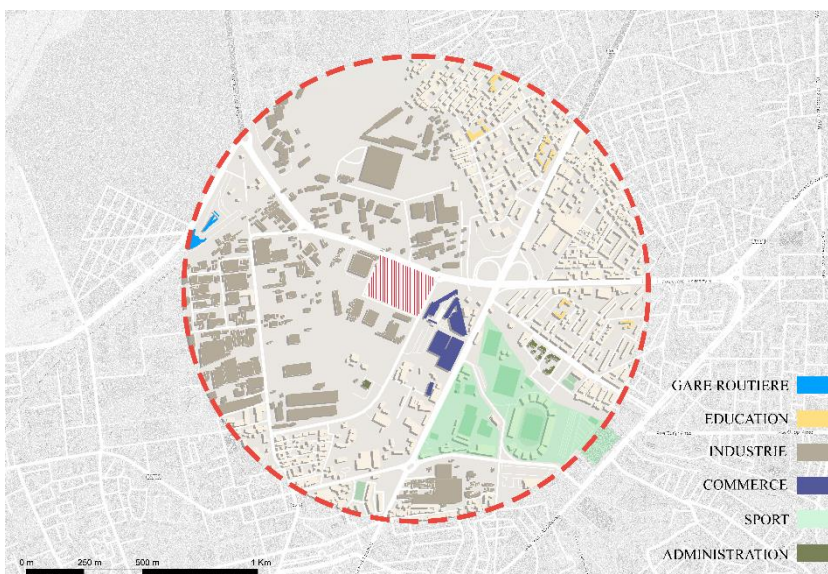


Figure 22: carte des activités et équipements de la zone industriel. Source: Auteur

attention aux besoins de la communauté. Le stade Mustapha Tchaker complète cet ensemble d'installations.

2.7.3. Une zone globalement accessible

Notre aire d'étude est traversée par plusieurs voies importantes telles que les deux routes nationales (RN 01) et (RN 29), la première venant du centre-ville vers Khazrouna et la deuxième de l'autoroute nationale passant par notre site d'intervention vers Ouled Yaich. Et d'autres voies importantes telles que le chemin de wilayas (CW 09) et (CW 143), avec l'absence d'un tracé ou hiérarchisation des voies.

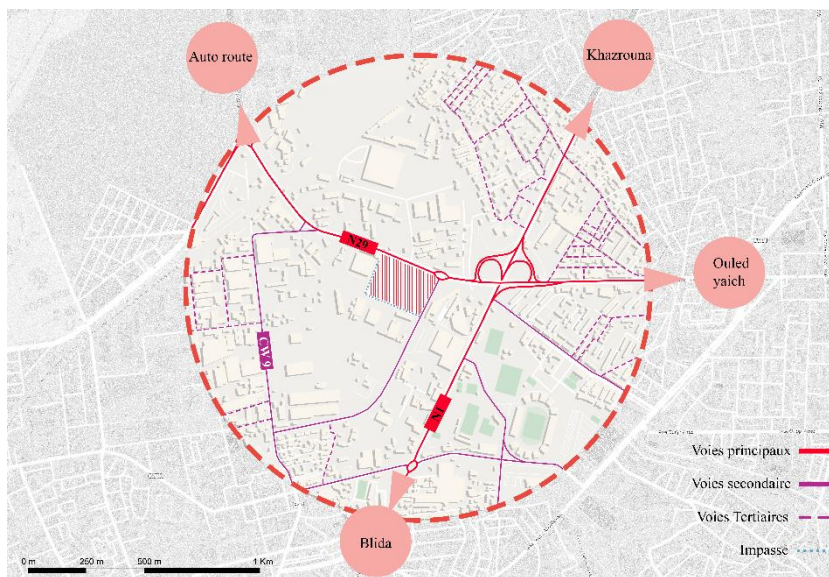


Figure 23: hiérarchisation des voies. Source: Auteur

3. Quoi de mieux et de mal dans mon aire d'intervention (Analyse avec l'outil AFOM)

Atout :

- La proximité de la gare routière offre une connectivité améliorée, facilitant les déplacements depuis et vers le site.
- La présence d'équipements industriels et commerciaux peut offrir des opportunités d'emploi significatives.

Faiblesse :

- La prédominance des équipements industriels peut entraîner des préoccupations environnementales telles que la pollution atmosphérique, sonore et la gestion des déchets.

- La proximité des oueds peut présenter des risques potentiels d'inondation, nécessitant une planification et des mesures de gestion des risques.

Opportunité :

- La forte présence d'équipements commerciaux peut être une opportunité pour le développement touristique, attirant des visiteurs avec une offre diversifiée de commerces.
- La proximité du complexe sportif de Mustapha TCHAKER.
- L'opportunité de développer davantage les liaisons de transport depuis la gare routière pourrait améliorer l'accessibilité du site.

Menace :

- La présence des oueds peut imposer des contraintes à l'urbanisation, nécessitant une planification urbaine respectueuse de ces éléments naturels.
- La concentration d'équipements industriels peut poser une menace potentielle pour la qualité de vie des résidents locaux. Et donne une certaine vulnérabilité au site

4. Quel Climat ?

4.1. Température

D'après l'observation de la figure on trouve que, les températures dans notre aire d'étude varient en hiver entre 7°C comme température basse en Janvier et 17°C comme température

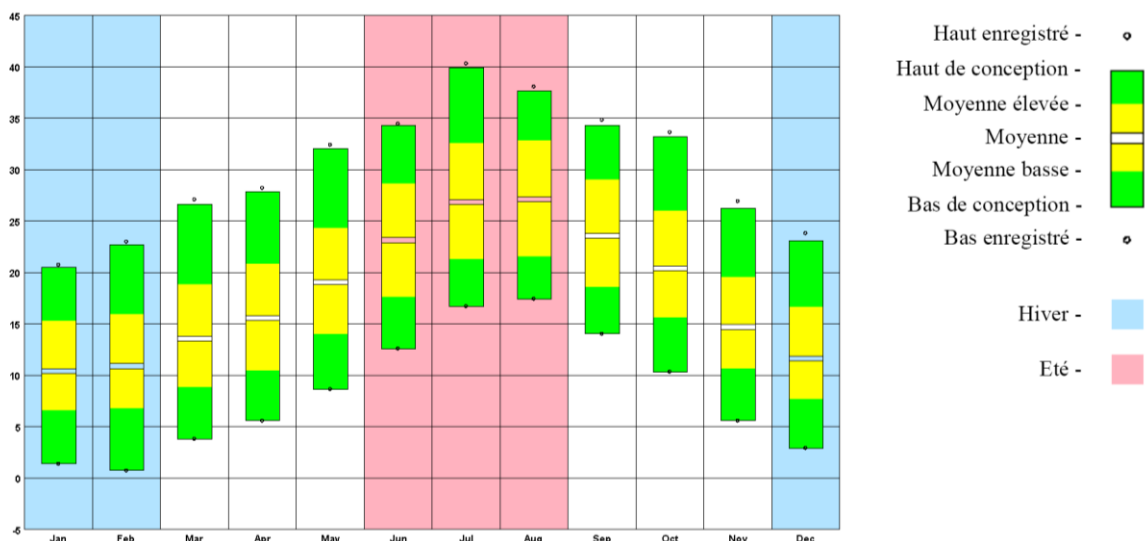


Figure 24: diagramme de température. Source : climatconsultant modifier par l'auteur

la plus élevée de la saison en Décembre et une moyenne de température de 11°C. En été la température varient entre le minimum 18°C en juin et le maximum 33°C en juillet avec une température moyenne de 27°C.

4.2. Précipitation

D'après l'observation de la figure on trouve que, les précipitations dans notre air d'étude peut arriver à plus de 100 mm entre le mois d'octobre et novembre et la moyenne de la précipitation en hiver et de 80mm par contre en été est plus faible avec une valeur de 6mm.

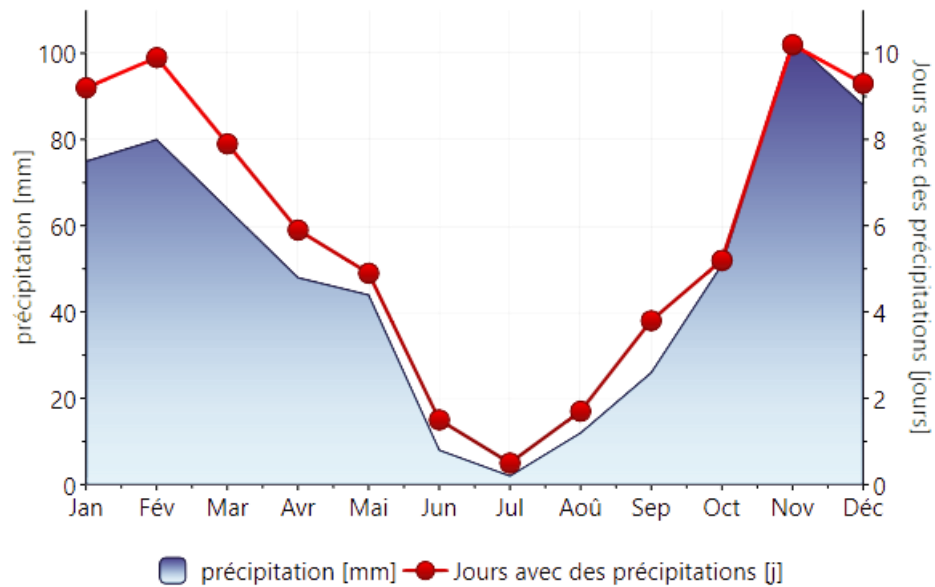


Figure 25: diagramme de précipitation. Source : météonorme.

4.3. Ensoleillement

D'après la consultation du graphe on remarque que notre site est bien ensoleillé et il n'y a pas de fort obstacle mise à part les jours nuageux. Il est plus ensoleillé durant le mois de juillet avec 11 h d'ensoleillement par jour et le moins ensoleillé durant le mois de janvier et décembre avec 5h d'ensoleillement par jour.

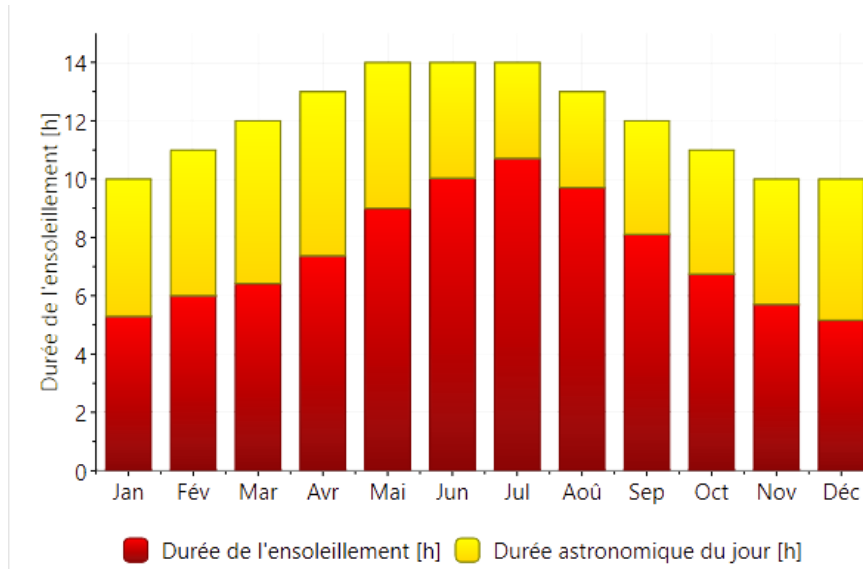


Figure 26: Graphe de durée de l'ensoleillement. Source : météonorme

4.4. Vents dominants

Notre aire d'étude présente en hiver des vents froids dont les températures varient entre 0°C et 20°C, avec des vitesses comprises entre 10 m/s et 15 m/s. Cependant, les vents de sud-ouest ont une longue durée et une humidité très élevée. En revanche, les vents de sud-est

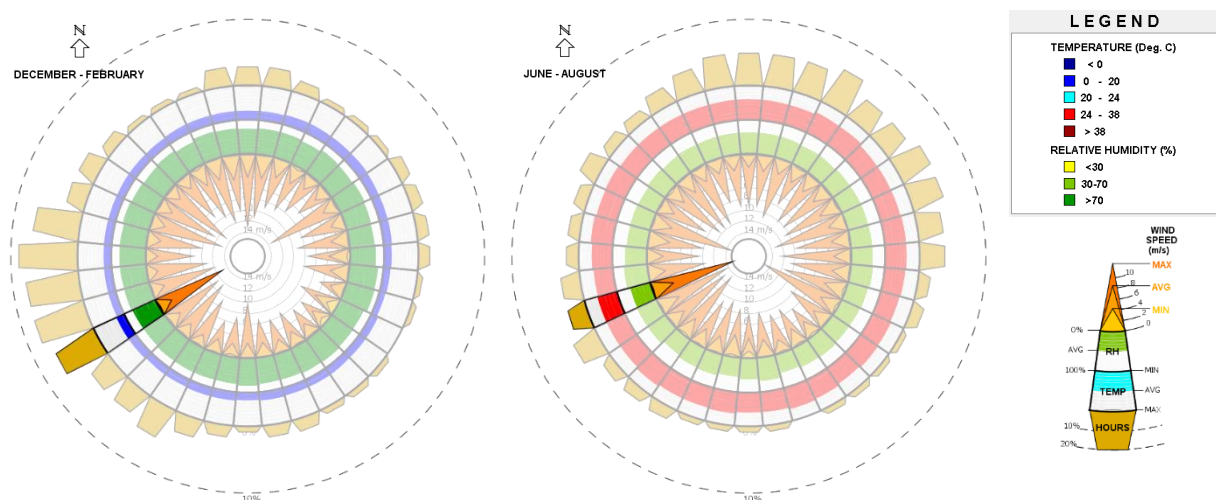


Figure 27: rose des vents. Source : météonorme

sont très faibles. En été, les vents sont tous chauds, avec des températures comprises entre 24°C et 38°C, et la direction dominante reste toujours le sud-ouest.

4.5. Analyse bioclimatique par le diagramme de Givoni

Le diagramme de Givoni nous permet de déterminer trois zones dans notre site :

- La zone de confort ou le projet dans notre site est dans le confort optimal avec une température entre 20°C et 24°C, durant les mois de juin, septembre et octobre.
- La zone de sous-chauffe les températures varient entre -3°C et 20°C sont d'un nombre de sept mois qui sont : Janvier, février, mars, avril, mai, novembre, décembre.
- La zone de surchauffe dans cette zone les températures varient entre 24°C et 35°C sont d'un nombre de trois mois et sont : Juillet, Août.

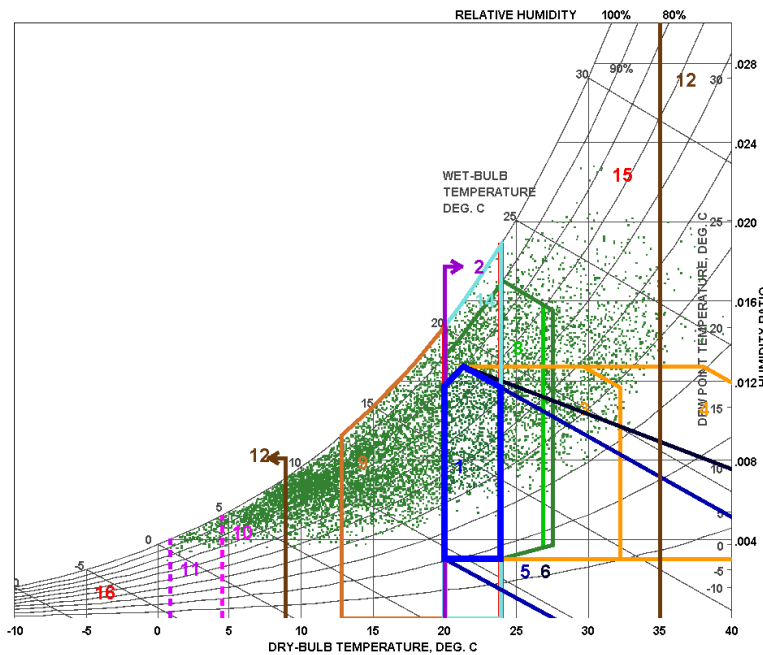


Figure 28: Diagramme de Givoni. Source : Climateconsultant

4.6. Recommandation à partir du diagramme de Givoni

a. Gain Interne 32.6%

- Stratégies passives : Isolation thermique, Matériaux à changement de phase, Protection solaire.
- Stratégies actives : Ventilation

b. Protection Solaire de la fenêtre 18.7%

- Stratégies passives : Verre à faible émissivité (Low-E), Orientation.
- Stratégies actives : Stores et rideaux, Systèmes automatisés.

c. Chauffage et Humidification 19.6%

- Stratégies passives : Étanchéité à l'air.
- Stratégies actives : Ventilation contrôlée, Pompes à chaleur géothermiques et Systèmes solaires thermique

DESIGN STRATEGIES: JANUARY through DECEMBER

9.8%	1 Comfort(857 hrs)
18.7%	2 Sun Shading of Windows(1636 hrs)
7.8%	3 High Thermal Mass(683 hrs)
9.3%	4 High Thermal Mass Night Flushed(815 hrs)
4.5%	5 Direct Evaporative Cooling(395 hrs)
6.4%	6 Two-Stage Evaporative Cooling(562 hrs)
14.0%	7 Natural Ventilation Cooling(1226 hrs)
13.8%	8 Fan-Forced Ventilation Cooling(1206 hrs)
32.6%	9 Internal Heat Gain(2658 hrs)
10.2%	10 Passive Solar Direct Gain Low Mass(894 hrs)
17.3%	11 Passive Solar Direct Gain High Mass(1518 hrs)
0.1%	12 Wind Protection of Outdoor Spaces(11 hrs)
0.0%	13 Humidification Only(0 hrs)
6.4%	14 Dehumidification Only(561 hrs)
10.4%	15 Cooling, add Dehumidification if needed(908 hrs)
19.6%	16 Heating, add Humidification if needed(1719 hrs)

100.0% Comfortable Hours using Selected Strategies
(8760 out of 8760 hrs)

Figure 29: stratégie de conception de Givoni. Source :
Climateconsultant

5. Conceptualisation du Projet

5.1. Approche Urbaine

5.1.1. Situation de l'aire d'intervention :

Notre aire d'intervention se trouve au cœur de la zone industrielle sous forme d'un grand îlot rigide constitué de plusieurs hangars industriels. Nos actions vont concerner l'ensemble de l'îlot, mais le réaménagement se fera sur la moitié EST de l'îlot où se situe notre terrain d'intervention.

La partie à aménager à une surface de 28 hectares, limitée par deux voies au nord (le N29 et le EW9 à l'ouest) et à l'est par un petit cours d'eau, qui est récemment devenu un cours d'eau gris, causant une pollution naturelle et visuelle de cette zone.

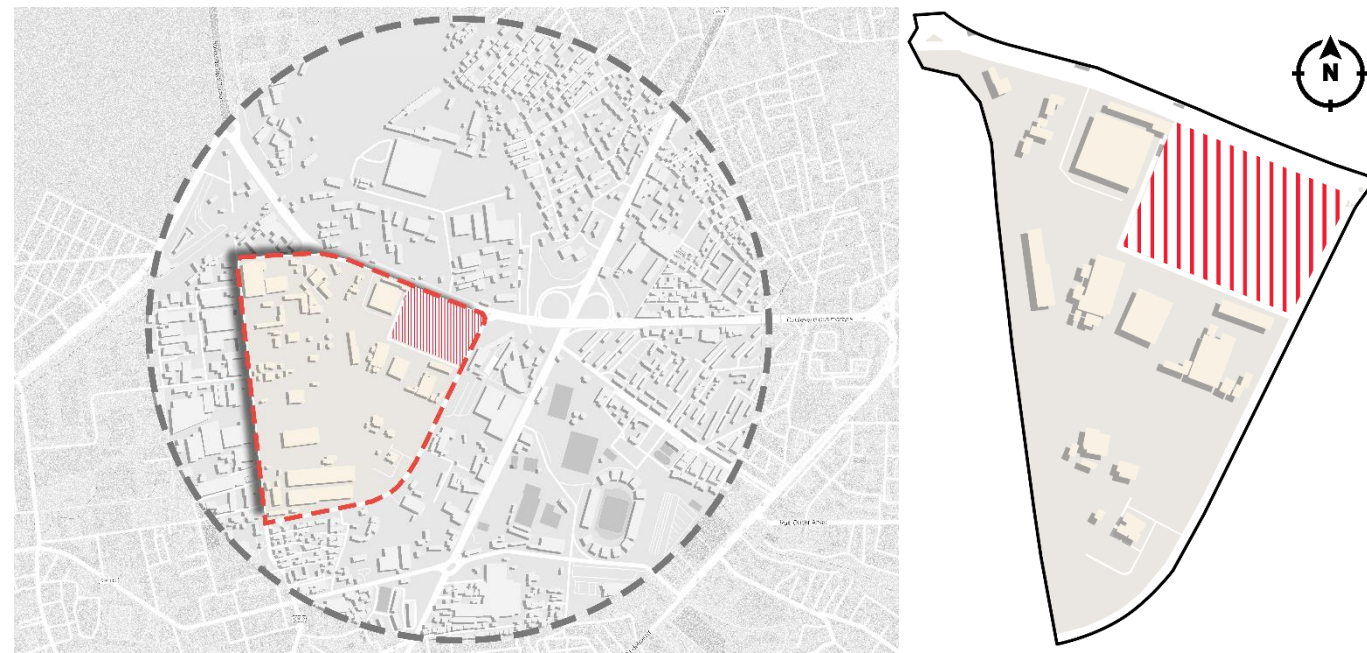


Figure 30 : Situation de l'aire d'intervention. Source : Auteur

5.1.2 Réaménagement de l'aire d'étude

D'après la visite du site et la consultation de l'aire d'intervention, nous avons remarqué des potentiels non exploités ainsi que des points importants qui ne sont pas suffisamment mis en valeur malgré leur importance. Cela nous a poussés à entreprendre des actions dans plusieurs volées (viaire, parcellaire, mobilité durable, animation, équipement).



Figure 31 : Vue sur la route principale. Source : Auteur

5.1.3. Indentification des propriétés du foncier

Première étape on a identifié les propriétés de chaque parcelle pour soit restructurer l'intérieur de la parcelle, soit proposer d'autres activités si la parcelle est une propriété étatique, soit proposer une expropriation pour utilité publique si elle est une propriété privée.

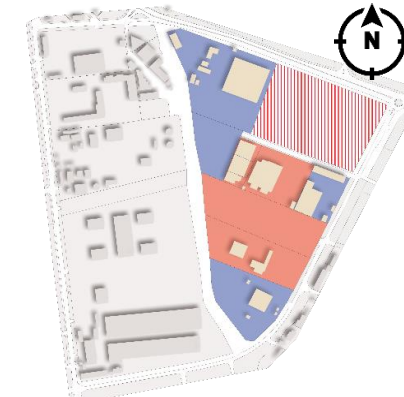
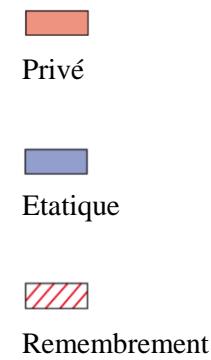


Figure 32 : Indentification des propriétés du foncier. Source : Auteur

5.1.4. Reconfiguration des parcelles

Au niveau des parcelles, nous avons éliminé les accès mécaniques depuis la voie principale. Et remplacé les clôtures par des barrières plus basses pour supprimer l'effet de couloir et favoriser la continuité visuelle, utilisant des clôtures végétales aux limites de chaque parcelle pour renforcer la trame verte et purifier l'air.

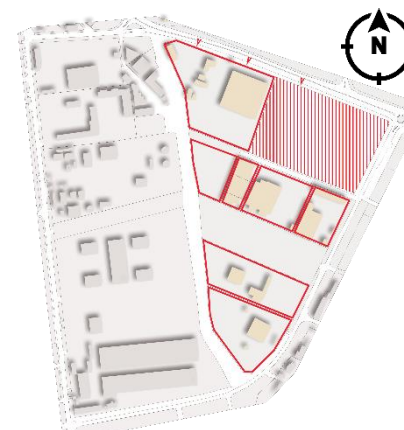


Figure 33 : Reconfiguration des parcelles. Source : Source

5.1.5. Restructuration de voirie

Au deuxième stade, nous avons suggéré de restructurer la voie principale, en passant par notre site d'intervention. Nous avons également envisagé la création d'un nœud à l'intersection des trois voies et proposé de créer des percées afin de transformer cet îlot industriel rigide en un espace plus dynamique.

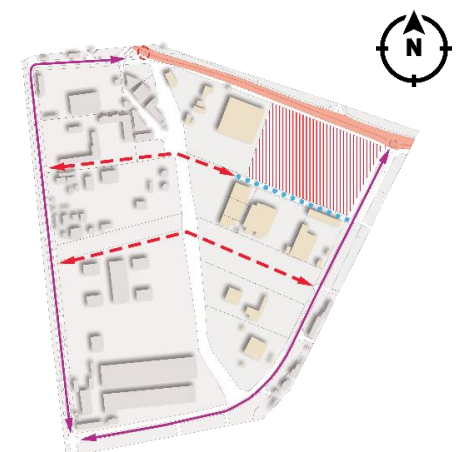
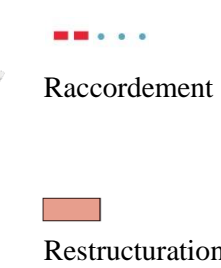


Figure 34 : Restructuration de voirie. Source : Auteur

5.1.6. Valorisation de la mobilité durable

En ce qui concerne la mobilité durable, nous avons appliqué deux actions :
Premièrement, le marquage d'un arrêt de bus à proximité de notre site d'intervention.
Deuxièmement, la proposition d'un circuit cyclable tout autour de la zone d'étude.

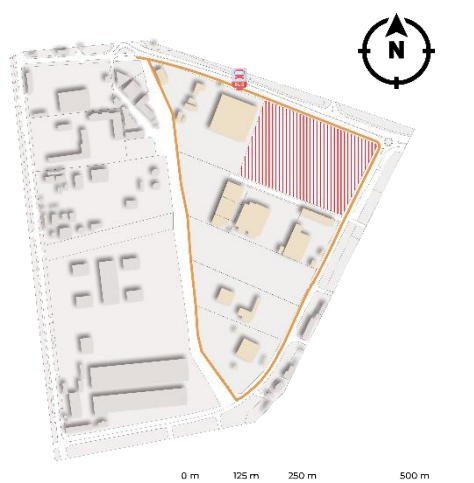


Figure 35 : Valorisation de la mobilité durable. Source : Auteur

5.1.7. Reconversion d'une servitude existante

Exploitation du passage d'un faible cours d'eau gris et couverture soit par des dalles, soit par des buses pour créer une promenade piétonne, afin qu'elle devienne la colonne vertébrale de l'îlot industriel.

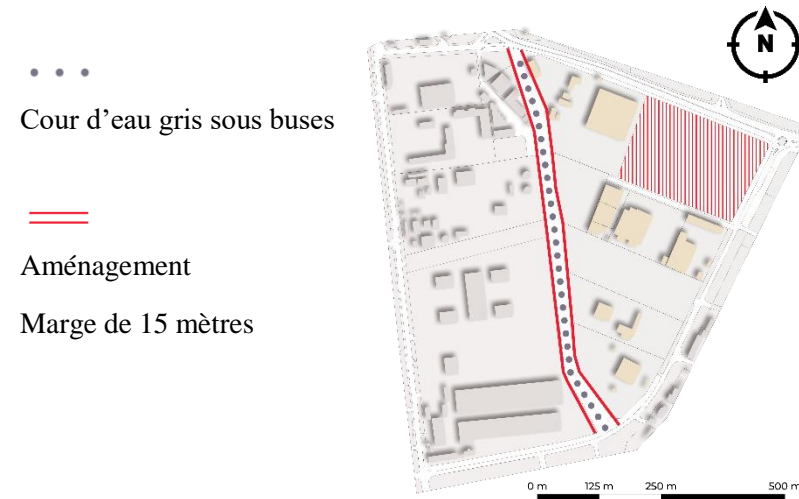


Figure 36 : Reconversion d'une servitude existante. Source : Auteur.

5.1.8. Occupation du Sol par des fonctions mères

La proposition de plusieurs activités, d'aires de repos et de nouveaux équipements pour animer l'environnement et le rendre beaucoup plus accueillant.

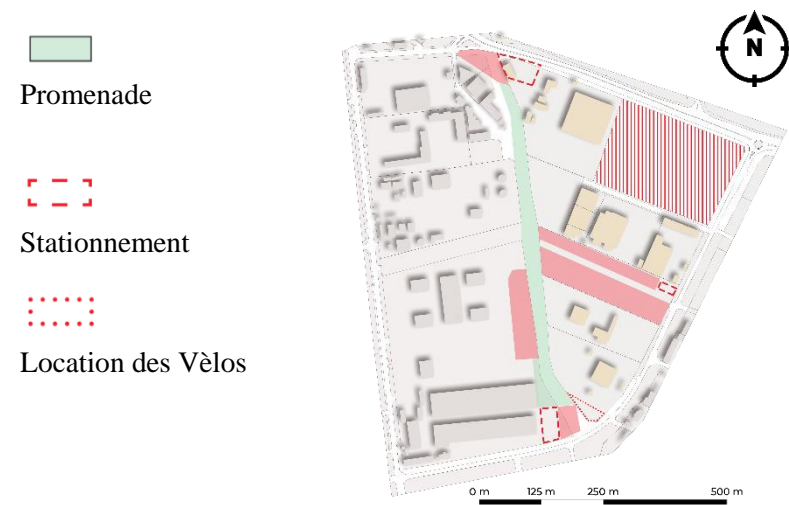


Figure 37 : Occupation du Sol par des fonctions mères. Source : Auteur.

5.2. Plan d'aménagement

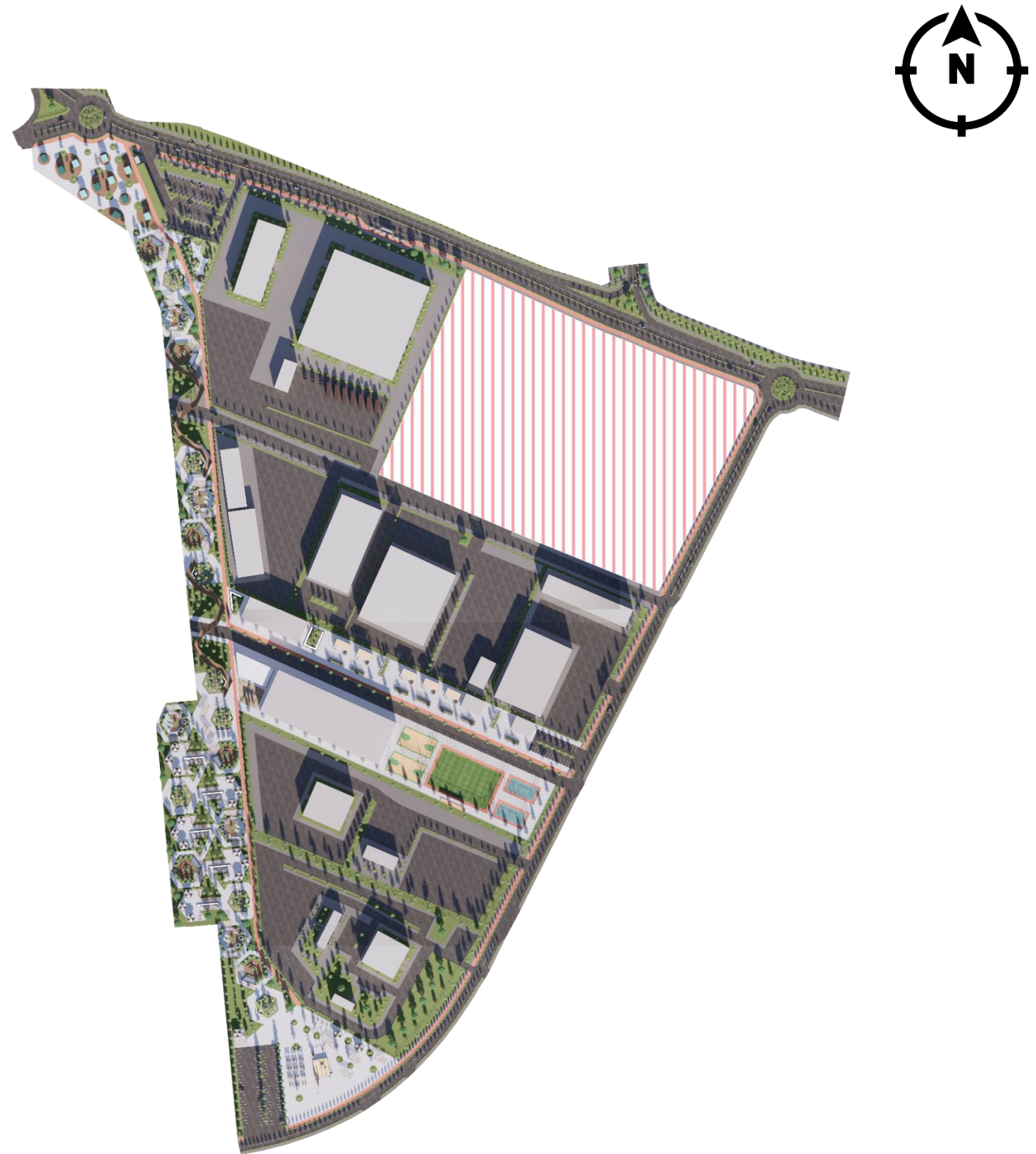


Figure 38 : Plan d'Aménagement Urbain. Source : Auteur

5.3. Approche Architecturale

5.3.1. Diagramme conceptuel

5.3.1.A. Tracés des limites du terrain

Notre site a une forme régulière avec une surface importante de 46 000 m².

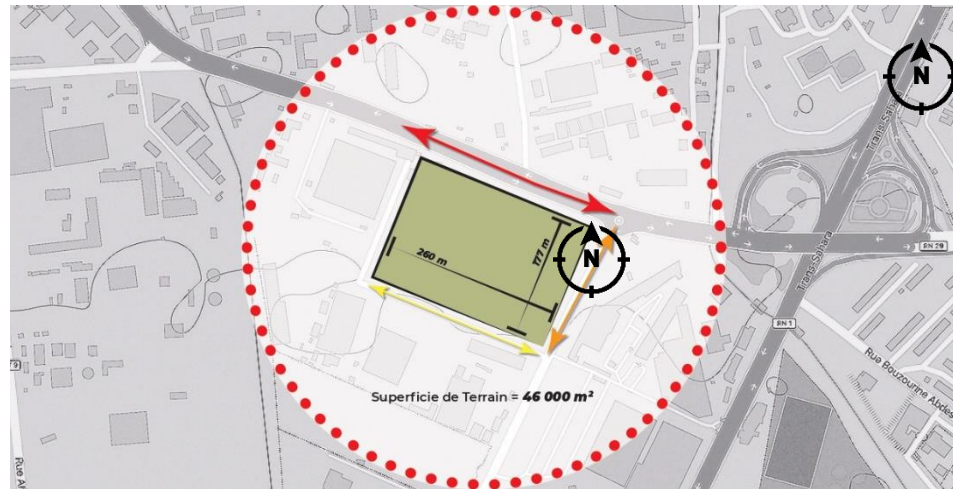


Figure 39 : Tracé des limites du terrain. Source : Auteur

5.3.1.B. Affectation des zones du projet

Nous avons découpé l'assiette en trois parties 50 % pour la fonction industrielle, car elle est la plus importante, et les 50 % restants répartis entre les activités commerciales et la recherche et développement. La distribution de chaque unité tient compte de l'emplacement des équipements trouvés dans leur contexte urbain.

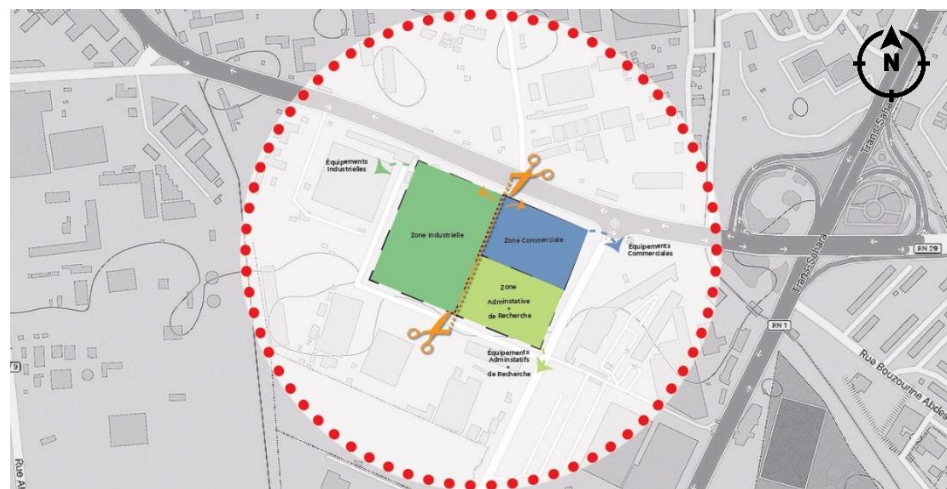


Figure 40 : Affectation des zones du projet. Source : Auteur

5.3.1.C. Orientation selon les vents l'ensoleillement et le contexte

Créer un couloir d'air orienté dans la même direction que les vents sur notre site pour assurer une bonne aération et en faire un troisième axe visuel à travers notre rond-point, tout en offrant un espace extérieur accueillant pour les gens. De plus, notre site bénéficie d'une bonne orientation pour tirer parti des rayons solaires.

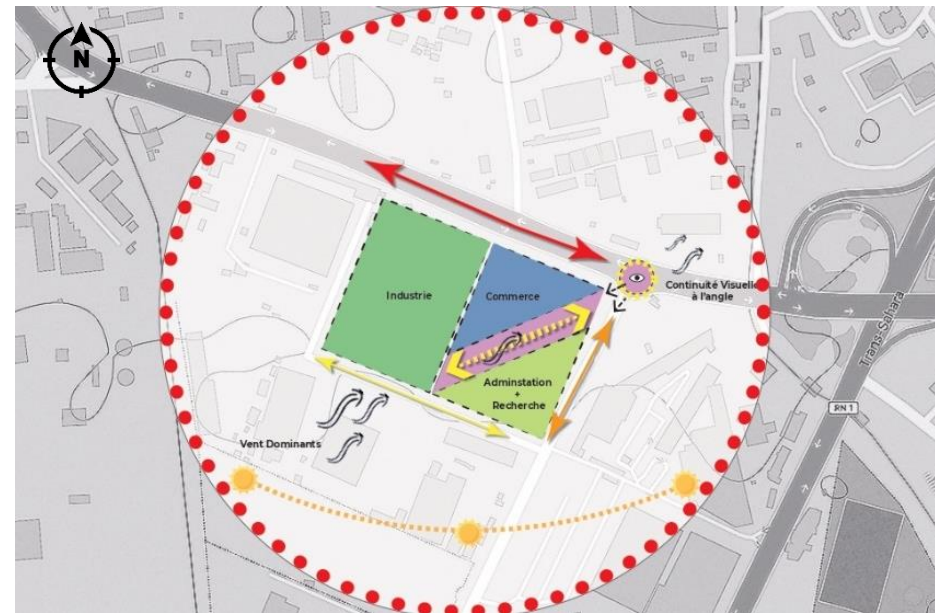
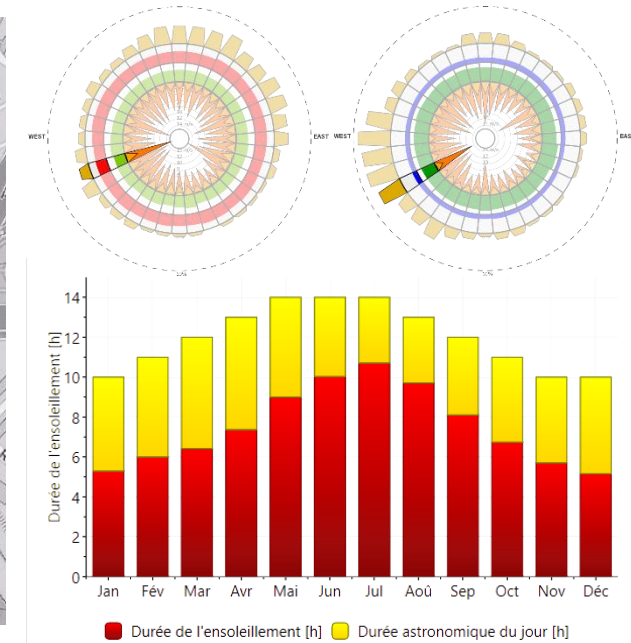


Figure 41 : Orientation selon les vents l'ensoleillement et le contexte. Source : Auteur



5.3.1.D. Tracé géométrique et principe de conception

Notre conception s'est inspirée de la logique du jeu Tangram, un jeu chinois composé de sept pièces géométriques. L'objectif du jeu est de reconstituer une forme donnée en utilisant toutes les pièces, sans les superposer et en les plaçant à l'intérieur d'un carré. Cette approche est similaire au fonctionnement du parc industriel, où toutes les activités se déroulent simultanément et en harmonie, bien qu'elles soient séparées, formant ainsi un ensemble cohérent.

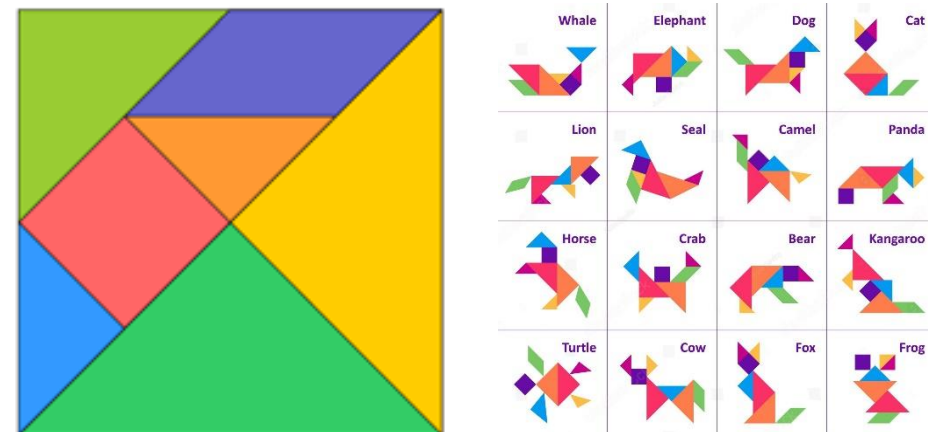


Figure 42 : Tracé géométrique des formes de projet. Source : Auteur

5.3.1.E. Organisation fonctionnelle du projet

Positionner les fonctions selon le contexte où nous avons proposé de mettre le bloc commercial face à la RN29 pour animer la voie principale. Placer le bloc administratif, de recherche et développement au sud pour bénéficier de l'orientation vers Chréa et des rayons solaires, et face à la voie secondaire, car elle est plus calme. Les blocs industriels se trouvent au nord, à proximité des hangars existants, accessibles par la voie prolongée pour éviter les intersections entre les livraisons industrielles et la circulation publique.

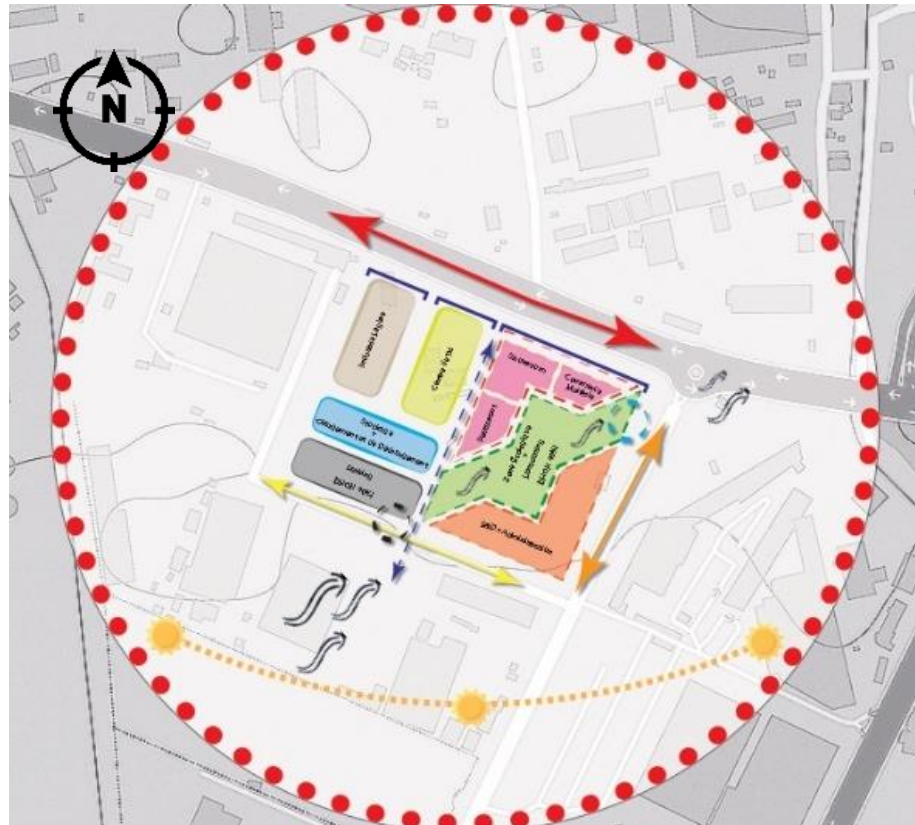
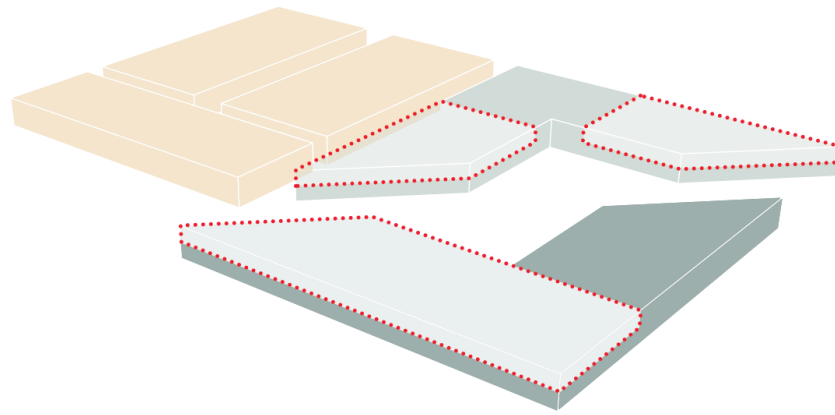


Figure 43 : Structure Fonctionnelle du projet. Source : Auteur

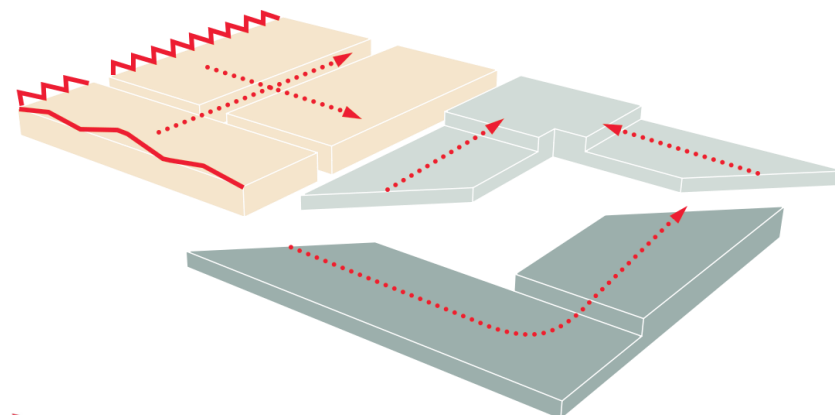
5.3.2. Genèse de la forme 3D

Phase 1 :



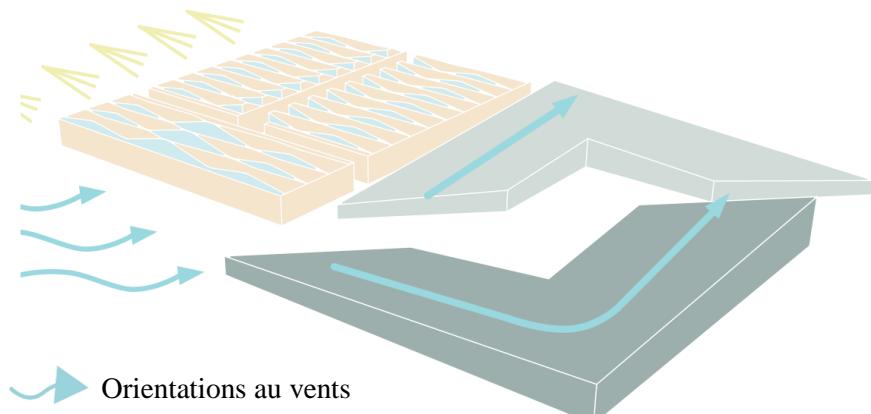
..... Soustraction des parties supérieures

Phase 2 :



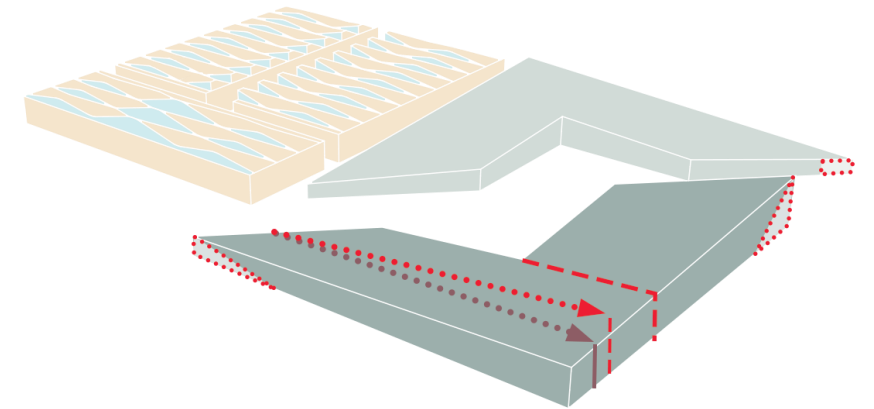
..... Toitures Inclignées
 Toitures Plissées

Phase 3 :



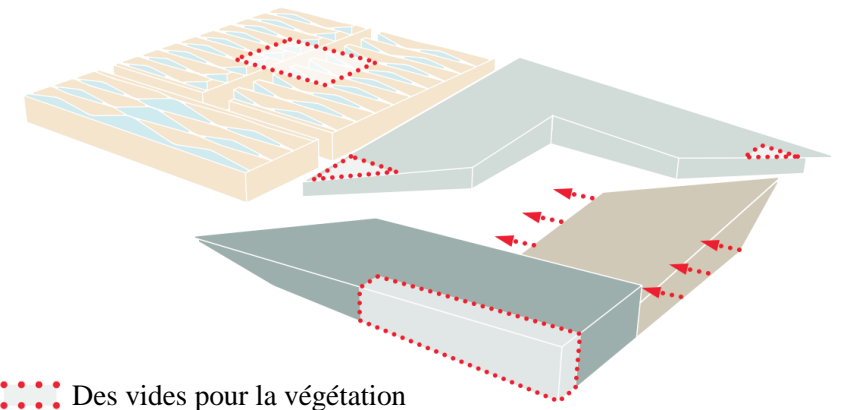
..... Orientations au vents
 Orientations au soleil

Phase 4 :



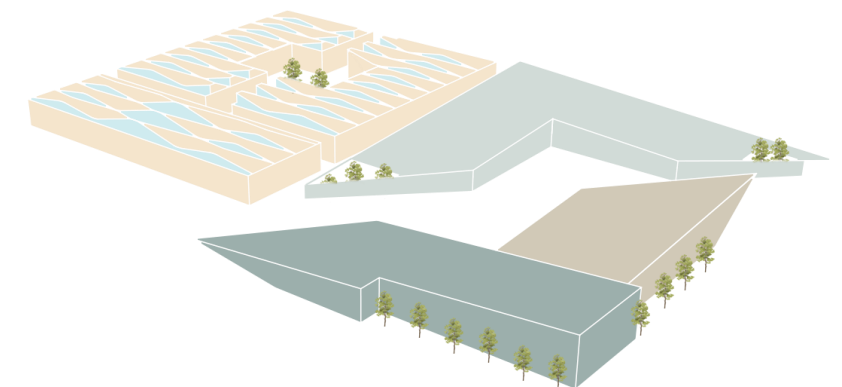
..... Traitement des angles
 Séparation et inclinaison

Phase 5 :



..... Des vides pour la végétation
 Translation de volume

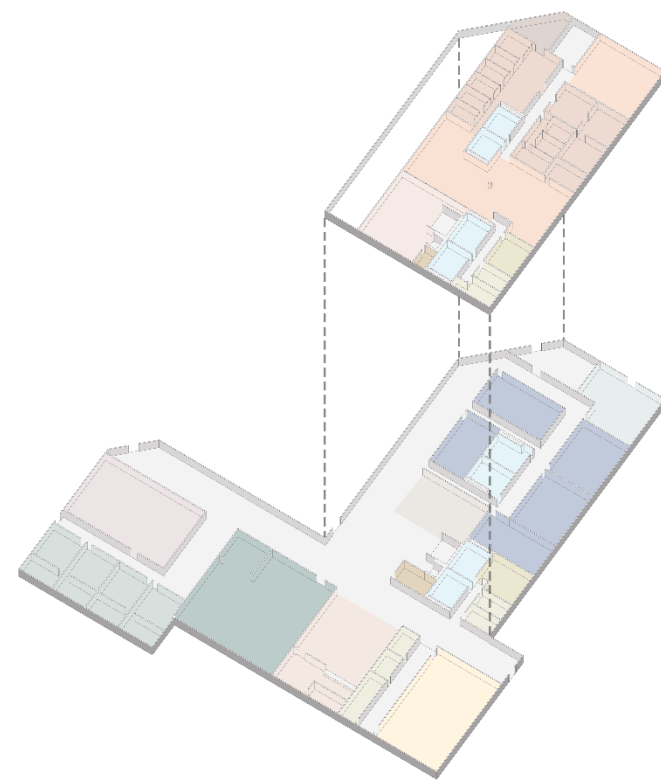
Phase 6 :



..... Vides en végétations

5.3.3. Distribution spatiale

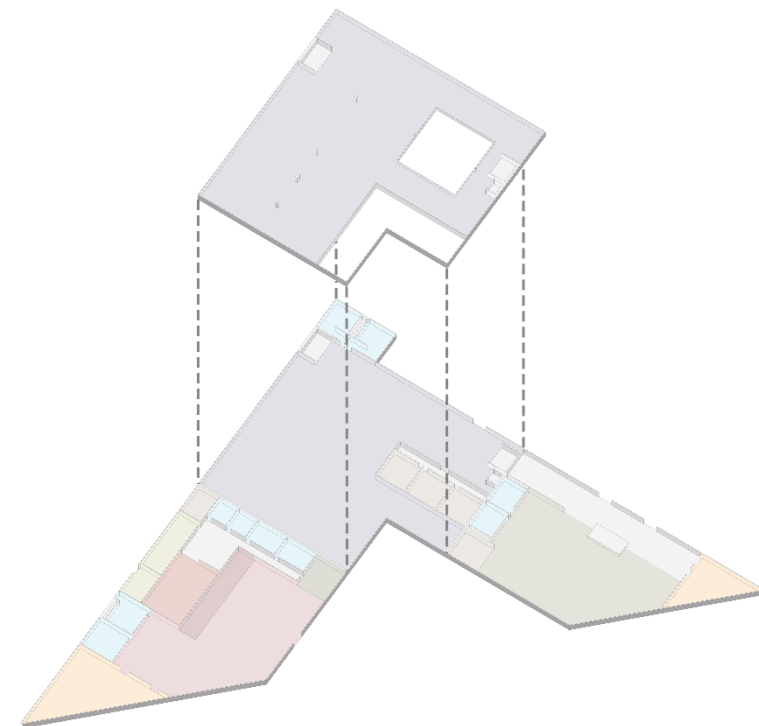
Bloc administratif



- Sanitaires
- Archives et Stockage
- Espaces Techniques
- Bureaux Ouverts
- Espace de Détente
- Salle de Réunion
- Direction
- Salle d'Impression

- Archives et Stockage
- Réception
- Technique
- Salle de Conférence
- Accueil et Café
- Incubateur
- Laboratoires
- Maintenance

Bloc commercial



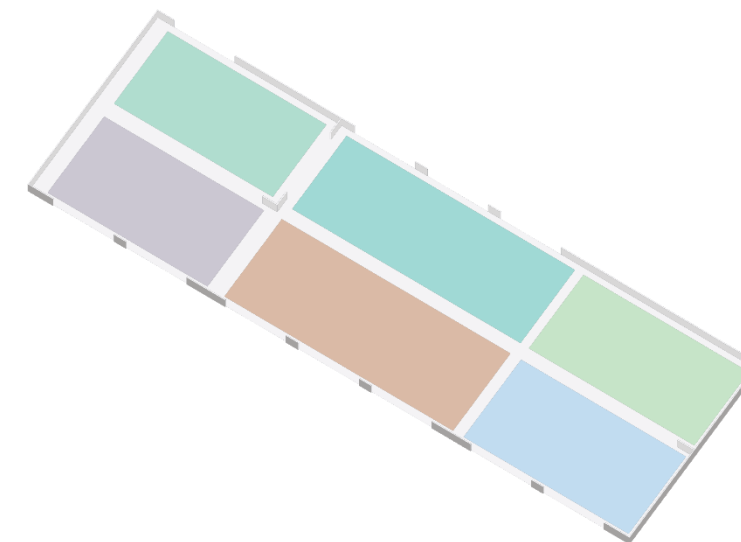
- Sanitaires
- Réception et Bureaux
- Espaces Techniques
- Commerce Multiples
- Show-Room
- Caisse
- Restaurant
- Cuisine
- Buffet
- Espace Enfants

Hangar de Tri et industrie légère



- Zone de Presse à Balle
- Stockage Monomatériaux + Expédition
- Zone de Process
- Transfo + Compresseur + Supresseur
- Bureaux
- Sanitaire
- Material In
- Fabrication
- Atelier
- Machine Shop
- Paint Shop
- Goods Out

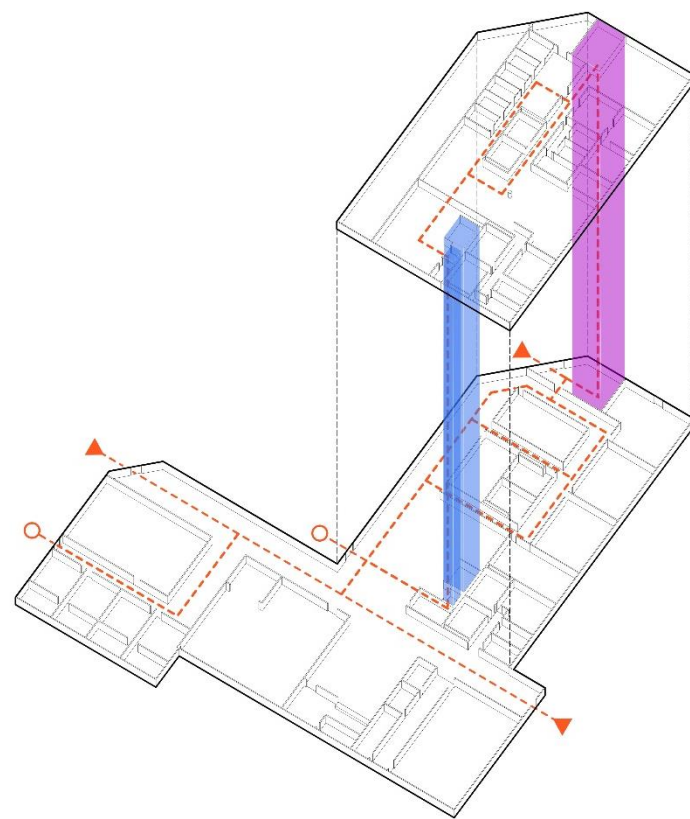
Hangar du stockage



- Zone d'Alimentation
- Distribution Planning
- Espaces Techniques
- Pick-Pack Shipping and Receiving
- Value Added Services
- Inventory Management

5.3.4. Circulation

Bloc administratif



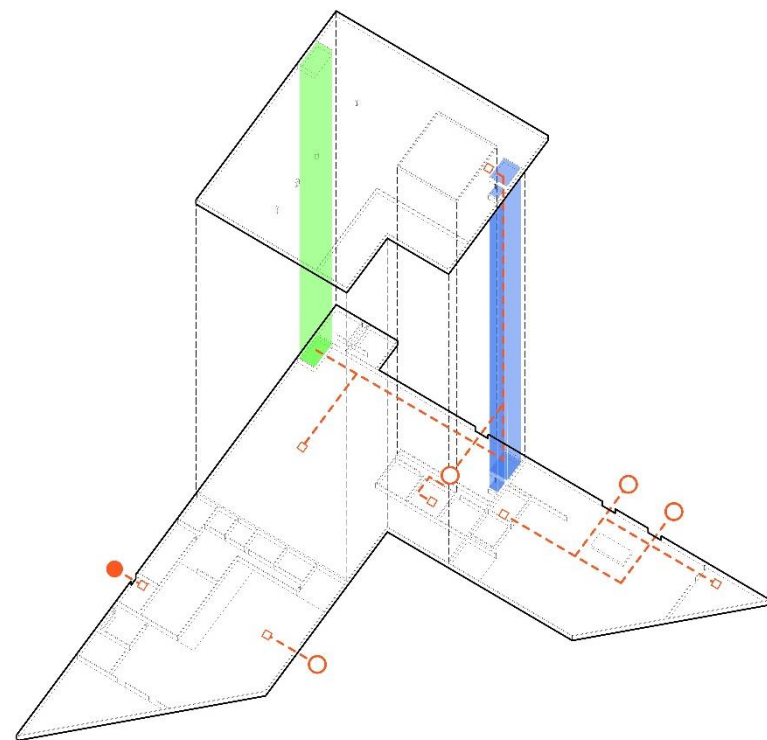
- Escalier de Secours
- Escalier + Ascenseur
- Accès Principale
- Issue de Secours

Hangar de Tri et industrie légère

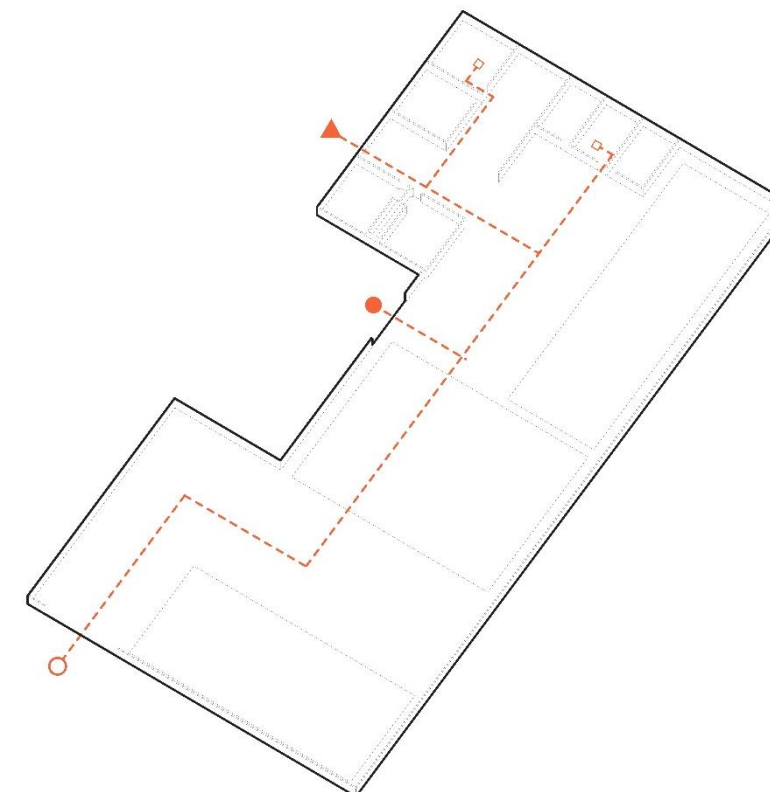


- Accès Principale
- Accès Secondaire
- Issue de Secours

Bloc commercial



- Monte-Charge
- Escalier + Ascenseur
- Accès Principale
- Issue de Secours



- Accès Principale
- Accès Secondaire
- Issue de Secours

Conclusion

L'analyse approfondie de la zone industrielle de Blida nous a permis de comprendre les multiples dimensions du site, depuis ses caractéristiques géographiques et climatiques jusqu'à sa structure urbaine et fonctionnelle. En examinant les particularités de Blida, comme ses ressources naturelles, son réseau de transport complexe et ses infrastructures industrielles et commerciales, nous avons pu identifier les forces, faiblesses, opportunités et menaces (AFOM) associées à notre aire d'intervention.

La découverte des propriétés du foncier et la reconfiguration des parcelles ont constitué des étapes cruciales pour optimiser l'utilisation du terrain tout en respectant les contraintes existantes. La restructuration de la voirie et la valorisation de la mobilité durable sont également des éléments clés de notre approche urbaine, visant à améliorer l'accessibilité et la connectivité de la zone industrielle.

En intégrant des principes bioclimatiques dans notre analyse, notamment à travers l'utilisation du diagramme de Givoni, nous avons pu formuler des recommandations spécifiques pour maximiser le confort thermique et l'efficacité énergétique du projet. L'approche conceptuelle et architecturale que nous avons développée repose sur une compréhension profonde du contexte environnemental, assurant une intégration harmonieuse du projet dans son site.

Ainsi, ce chapitre a permis de poser les bases solides pour la conceptualisation et la réalisation de notre parc éco-industriel à Blida. En répondant aux exigences spécifiques du site et en intégrant des solutions innovantes et durables, notre projet vise à devenir un modèle exemplaire de développement durable et d'architecture respectueuse de l'environnement en Algérie.

CHAPITRE 04 : SIMULATION ET OPTIMISATION

1. Introduction :

1.1. Définition de Simulation :

La simulation, en général, se réfère à l'imitation d'une situation ou d'un processus, souvent à l'aide d'un modèle informatique pour étudier divers aspects du comportement ou des performances de l'objet simulé (dictionary.cambridge.org). Par exemple, la simulation du flux sanguin à travers les artères et les veines peut aider à comprendre les dynamiques cardiovasculaires sans avoir à intervenir sur un corps réel (oed.com).

La simulation de bâtiment désigne l'utilisation de modèles informatiques pour prédire et analyser divers aspects de la performance d'un bâtiment (typeset.io).

Objectif	Elle permet aux architectes et aux ingénieurs d'évaluer les alternatives de conception, de prédire la consommation d'énergie, d'évaluer le confort thermique et d'optimiser les performances du bâtiment.
Techniques	Les techniques de simulation incluent les simulations thermiques dynamiques (STD), qui modélisent le comportement thermique d'un bâtiment au fil du temps pour optimiser les stratégies de chauffage et de refroidissement.
Applications	Utilisées dans la conception durable pour évaluer les impacts environnementaux et l'efficacité énergétique.
Avantages	Améliore les performances du bâtiment, réduit les coûts opérationnels et assure le confort et la sécurité des occupants.

Tableau 6 : Informations sur la simulation de bâtiment. Source : typeset.io

En science et en ingénierie, la simulation thermique dynamique (STD) fait référence au calcul de l'évolution temporelle de l'état thermique d'un système utilisant un modèle numérique. Ce modèle permet d'obtenir, à tous les instants choisis de la simulation, la température en différents points des éléments du système, en tenant compte des différentes lois régissant les échanges thermiques (convection, conduction, rayonnement, changement d'état). (Peuportier Bruno,2015)

Appliquée aux bâtiments, la STD permet d'estimer les besoins thermiques (énergie utile en chaud et froid) en tenant compte de l'enveloppe du bâtiment, de son inertie, des divers apports thermiques, du comportement des occupants et du climat local. (Peuportier Bruno,2015)

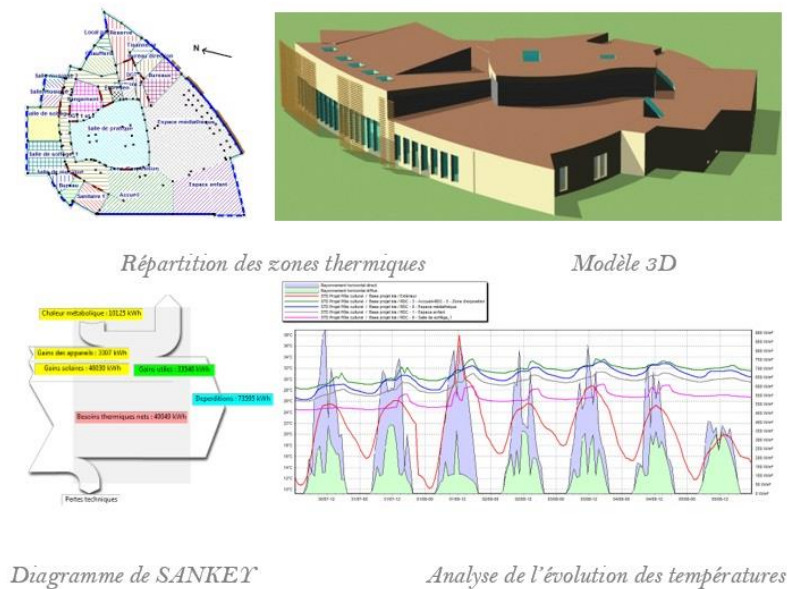


Figure 44: Exemple de simulation thermique dynamique.

Source : <https://treenergy.fr/prestations/analyse-de-cycle-de-vie-et-optimisation-environnementale/simulation-thermique-dynamique>

1.2. Importance de la Simulation Thermique Dynamique pour les Projets Certifiés HQE

La STD est un outil indispensable pour les projets certifiés HQE en raison de plusieurs avantages qu'elle apporte :

a. Prédiction précise de la performance énergétique :

La STD permet de prévoir avec précision la performance énergétique des bâtiments, optimisant l'efficacité énergétique en tenant compte des conditions réelles d'utilisation et des variations climatiques. (conseils.xpair.com)

b. Optimisation de l'efficacité énergétique :

En étudiant différents scénarios de conception, la STD aide à optimiser les stratégies de chauffage et de refroidissement, réduisant les besoins énergétiques, les coûts opérationnels et les émissions de gaz à effet de serre. (calculcee.fr)

c. Évaluation du confort thermique et de la qualité de l'air intérieur :

La STD évalue le confort thermique et la qualité de l'air intérieur, en tenant compte de variables telles que la température, l'humidité, la ventilation et l'inertie thermique, garantissant un environnement sain et confortable pour les occupants. (calculcee.fr)

d. Conformité aux normes environnementales et réglementaires :

La STD fournit des données précises sur la consommation énergétique et les performances thermiques, facilitant la conformité aux normes strictes des certifications environnementales comme le label HQE Bâtiment Durable. (vizea.fr)

e. Aide à la prise de décision éclairée :

La STD permet aux architectes et ingénieurs de prendre des décisions informées sur les matériaux et systèmes de gestion de l'énergie, assurant des pratiques de conception durables et une meilleure performance environnementale. (fr.scribd.com)

f. Communication et persuasion des acteurs du projet :

La simulation permet de modéliser et visualiser plusieurs options de conception, facilitant la communication avec les parties prenantes et fournissant des arguments solides pour l'adoption de pratiques de construction durables. (typeset.io)

2. Méthodologie :

2.1. Logiciels et outils utilisés :

2.1.1. DesignBuilder Version 6:

DesignBuilder est un logiciel de simulation dynamique utilisé pour l'analyse des performances des bâtiments. Il dispose d'une interface graphique conviviale et intègre EnergyPlus⁷ pour des simulations thermiques et énergétiques détaillées (batisim.net). Les capacités clés incluent la modélisation de bâtiments complexes, l'optimisation des conceptions pour l'efficacité énergétique et la réalisation de simulations pour répondre à diverses certifications environnementales (designbuilder.co.uk). Il est largement utilisé par les ingénieurs, les architectes et les évaluateurs énergétiques pour ses outils complets de modélisation et d'analyse (designbuilder.co.uk).

⁷ EnergyPlus est un programme complet de simulation énergétique des bâtiments utilisé par les ingénieurs, les architectes et les chercheurs pour modéliser la consommation d'énergie et l'utilisation de l'eau dans les bâtiments. Il simule les charges de chauffage, de refroidissement, de ventilation, d'éclairage et de prise, aidant ainsi à la conception et à l'évaluation de bâtiments économes en énergie.



Figure 45 : le logo du Logiciel DesignBuilder. Source : <https://www.greenplan.co.za/designbuilder/>



EnergyPlus v9.4

Figure 46 : le logo du programme EnergyPlus. Source : <https://www.energy.gov/eere/buildings/articles/energyplus>



Figure 47 : L'interface du logiciel Design Builder. Source : <https://designbuilder.co.uk/software/what-s-new-in-v7>

2.1.2. Pourquoi choisir DesignBuilder ?

<p>Interface intuitive et fonctionnalités avancées</p>	<p>DesignBuilder offre une interface utilisateur intuitive qui facilite la modélisation et la simulation, même pour les utilisateurs moins expérimentés.</p>
<p>Large bibliothèque de composants et de matériaux</p>	<p>Le logiciel propose une vaste bibliothèque de matériaux et de composants de construction, ce qui permet de créer des modèles précis et de simuler différents scénarios de conception.</p>
<p>Précision et validation des résultats</p>	<p>DesignBuilder utilise le moteur de simulation EnergyPlus, reconnu pour sa précision et sa fiabilité dans les simulations thermiques dynamiques. Les résultats obtenus sont validés et conformes aux standards internationaux, assurant ainsi la crédibilité et la rigueur scientifique des études réalisées.</p>

Optimisation énergétique et confort thermique	L'outil permet d'optimiser les stratégies de chauffage, de refroidissement et de ventilation en tenant compte des conditions climatiques locales, de l'inertie thermique des bâtiments et du comportement des occupants. Cela garantit un confort thermique optimal tout en réduisant la consommation d'énergie, ce qui est essentiel pour un projet visant la certification HQE.
--	---

Tableau 7 : Avantages du Logiciel DesignBuilder. Source : www.batisim.net

2.2. Paramétrage des simulations :

2.2.1. Données Climatique :

Le premier paramètre à configurer lors de l'ouverture d'un nouveau fichier dans le logiciel DesignBuilder est la prédéfinition de la localisation. Cela permet d'inclure les données climatiques spécifiques à la région où se situe notre site d'intervention, en l'occurrence la ville de Blida.

Étant donné que DesignBuilder ne contient pas une base de données météorologiques pour la ville de Blida, nous avons utilisé le logiciel Meteonorm⁸. Grâce à ce logiciel, nous avons pu générer des données météorologiques horaires spécifiques à Blida.

Ces données ont ensuite été insérées dans les paramètres météorologiques de la simulation dans DesignBuilder sous forme de fichiers climatiques EnergyPlus Weather Files (EPW)⁹. Ces fichiers EPW contiennent des informations détaillées telles que :

- Température extérieure : Moyennes mensuelles et extrêmes saisonniers.
- Humidité relative : Variations quotidiennes et saisonnières.
- Vitesse et direction du vent : Influences sur les échanges thermiques.
- Rayonnement solaire : Intensité et distribution quotidienne et saisonnière.
- Température du sol : Affecte les pertes thermiques par le sol.

L'utilisation des fichiers EPW générés par Meteonorm garantit que les simulations thermiques dynamiques dans DesignBuilder sont basées sur des données climatiques précises et adaptées

⁸ Meteonorm est un outil logiciel fournissant des données climatiques mondiales pour la simulation énergétique et l'analyse environnementale.

⁹ Les fichiers EPW (EnergyPlus Weather) contiennent des données météorologiques essentielles pour simuler la consommation énergétique des bâtiments. Utilisés par les architectes, ingénieurs et chercheurs, ils sont disponibles pour plus de 2 100 sites dans le monde et sont téléchargeables sur EnergyPlus.net.

à la localisation spécifique de notre projet à Blida. Cela permet d'obtenir des résultats plus fiables et pertinents pour l'analyse et l'optimisation des performances énergétiques de notre projet.

2.2.2. L'usage prévu des bâtiments :

Le deuxième paramètre de simulation est l'usage prévu des bâtiments. L'ensemble de notre projet contient plusieurs blocs orientés et situés différemment sur le site. Nous avons choisi de modéliser le bloc R&D dans le logiciel DesignBuilder. Ce bloc comprend plusieurs espaces de recherche et de formation, des laboratoires, des bureaux, et des espaces collaboratifs, entre autres.

Grâce à l'interface utilisateur intuitive de DesignBuilder, nous pouvons importer un dessin 2D au format DXF, créé dans AutoCAD, pour faciliter la modélisation. Lors de la création d'un nouveau bloc pour la modélisation, plusieurs paramètres doivent être configurés. Cela inclut la prédéfinition des conventions de géométrie, la catégorie de l'état primaire du bâtiment (non-résidentiel), et le secteur du projet (B2 à B7 général industriel et groupes industriels spécialisés).

En outre, il est essentiel de prédéfinir l'activité du bâtiment (Laboratory, A facility that provides controlled conditions in which scientific research, experiments, and measurement may be performed) car nous simulerons les espaces de laboratoires dans le bloc R&D. Cette configuration permet à DesignBuilder de simuler le confort thermique en fonction des paramètres définis, en comprenant les températures de consigne des espaces, chaque espace ayant une température ambiante idéale.

D'autres paramètres peuvent être réglés à cette étape, tels que les prédéfinitions de la construction, de l'éclairage, du CVC (chauffage, ventilation, climatisation) et de l'ECS (eau chaude sanitaire), ainsi que du vitrage. Notre objectif est de créer plusieurs scénarios et d'atteindre le scénario idéal en fonction de diverses variables de construction, de vitrage et de CVC.

3. Modélisation du Bâtiment :

3.1. Description des zones modélisée :

La prochaine étape après la configuration des différents paramètres liés à la simulation est la modélisation des zones. Comme mentionné précédemment, les zones choisies pour la simulation sont les laboratoires en raison de leur importance dans le bloc R&D, leur occupation

par les usagers et leur exposition aux façades Sud et Nord. Cela confère une grande importance à la simulation de ces espaces avec diverses variables de construction, de vitrage et de CVC.

Un Laboratoire de prototypage

Cet espace est orienté directement vers la façade sud, avec une façade vitrée. Voici ses caractéristiques :

- Surface plancher et volume : La surface au sol est de 57 m², et le volume de la zone est de 570 m³ avec des cloisons mi-hauteur.
- Occupation : La densité d'occupation est de 0,0500 pers/m², avec un métabolisme correspondant à un "travail manuel léger".
- Consignes de température :
 - Chauffage : 18°C, avec une limite basse de 12°C.
 - Climatisation : 25°C, avec une limite haute de 28°C.
- Équipements de la zone : Les équipements de "process" activés sont les "industrial laboratory equipments".

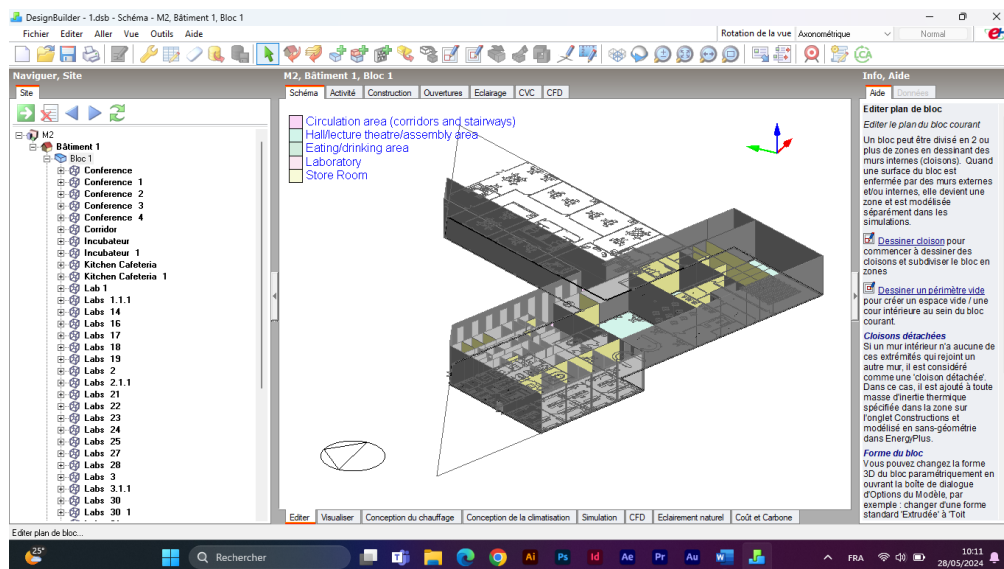


Figure 48 : Modélisation du Boc R&D. Source : Auteur

3.2. Détails des éléments de construction :

3.2.1. 1^{er} Scénario :

3.2.1.1. Caractéristiques des matériaux utilisés :

Dans le scénario 1, nous avons utilisé des matériaux typiques non-isolés pour les murs externes, cloisons internes, planchers et vitrages. Ces matériaux représentent les standards couramment utilisés dans les constructions. Ce scénario sert de base de référence pour évaluer les performances thermiques et énergétiques initiales du bâtiment avant d'introduire des améliorations dans les scénarios ultérieurs.

Elément	Composition	E (cm)	Conductivité (W/m-K)	Chaleur Spécifique (J/kg-K)	Densité (kg/m ³)
Murs Externes	Brique Creuse	10	0,84	800	1700
	Lame d'Air	5	0,3	1000	1000
	Brique Creuse	15	0,84	800	1700
Cloisons Internes	Brique Creuse	10	0,84	800	1700
Plancher bas sur terrain	Dalle de Compression	10	1,7	900	2400
Plancher Extérieur	Béton Coulé	5	1,4	840	2300
	Polyéthylène	0,1	0,33	1900	920
	Dalle de compression	10	1,7	900	2400
	Bac Acier	5	50	500	7850
	Solive Métallique	20	50	500	7850
Vitrage	Simple Vitrage	0,4	1	840	2500

Tableau 8: Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 1er Scénario. Source : Auteur

3.2.1.2. Objectifs du scénario 1 :

- **Établir une base de référence** : Ce scénario sert de point de départ pour évaluer les performances thermiques et énergétiques initiales du bâtiment. Toutes les améliorations dans les scénarios suivants seront comparées à cette configuration de base.
- **Identifier les points faibles** : En utilisant des matériaux non-isolés, nous pouvons clairement identifier les pertes thermiques et les zones nécessitant des améliorations. Cela nous permet de cibler efficacement les interventions pour maximiser l'efficacité énergétique.
- **Fournir des données de comparaison** : Les résultats obtenus à partir de ce scénario permettront de mesurer l'impact des différentes améliorations introduites dans les scénarios suivants. Chaque amélioration sera évaluée par rapport à cette base pour déterminer son efficacité.

3.2.2. 2ème Scénario :

3.2.2.1. Caractéristiques des matériaux utilisés :

Dans le scénario 2, nous avons introduit des améliorations en ajoutant des matériaux isolants et durables. Les modifications apportées concernent les murs externes, les cloisons internes et les planchers. Ce scénario est conçu pour réduire les pertes thermiques et améliorer la performance globale du bâtiment par rapport au scénario 1.

Elément	Composition	E (cm)	Conductivité (W/m-K)	Chaleur Spécifique (J/kg-K)	Densité (kg/m ³)
Murs Externes	Brique Creuse	10	0,84	800	1700
	Laine de Verre	10	0,04	840	12
	Brique Creuse	15	0,84	800	1700
Cloisons Internes	Plaque de plâtre	2,5	0,25	1000	900
	Lame d'Air	5	0,3	1000	1000
	Plaque de plâtre	2,5			
Plancher bas sur terrain	Dalle de Compression	10	1,7	900	2400
Plancher Extérieur	Mousse Minérale	10	0,035	900	200
	Dalle de compression	10	1,7	900	2400
	Bac Acier	5	50	500	7850
	Solive Métallique	20	50	500	7850
Vitrage	Simple Vitrage	0,4	1	840	2500

Tableau 9 : Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 2ème Scénario. Source : Auteur

3.2.2.2. Objectifs du scénario 2 :

- **Améliorer l'isolation thermique** : L'ajout de laine de verre dans les murs externes et l'utilisation de mousse minérale dans les planchers visent à réduire les pertes de chaleur, augmentant ainsi l'efficacité énergétique du bâtiment.
- **Améliorer le confort thermique** : Les matériaux utilisés dans ce scénario améliorent le confort thermique intérieur en maintenant des températures plus stables et agréables, tout en réduisant la dépendance aux systèmes de chauffage et de climatisation.
- **Utilisation de matériaux durables et locaux** : En intégrant des produits locaux de mousse minérale, le projet favorise l'utilisation de matériaux durables et écologiques, réduisant ainsi l'empreinte carbone de la construction.

- **Réduction des coûts énergétiques** : Une meilleure isolation thermique conduit à une réduction des coûts énergétiques liés au chauffage et à la climatisation,

3.2.3. 3ème Scénario :

3.2.3.1. Caractéristiques des matériaux utilisés :

Dans le scénario 3, nous avons apporté des modifications visant à simplifier la construction tout en améliorant les performances thermiques et énergétiques du bâtiment. Les changements concernent principalement les murs externes et le vitrage. En optant pour des matériaux locaux et innovants, sans recours à des isolants supplémentaires.

Elément	Composition	E (cm)	Conductivité (W/m-K)	Chaleur Spécifique (J/kg-K)	Densité (kg/m ³)
Murs Externes	Brique Monomur	30	0,08	840	600
Cloisons Internes	Plaque de plâtre	2,5	0,25	1000	900
	Lame d'Air	5	0,3	1000	1000
	Plaque de plâtre	2,5			
Plancher bas sur terrain	Dalle de Compression	10	1,7	900	2400
Plancher Extérieur	Mousse Minérale	10	0,035	900	200
	Dalle de compression	10	1,7	900	2400
	Bac Acier	5	50	500	7850
	Solive Métallique	20	50	500	7850
Vitrage	Vitrage	0,6	0,024	840	2500
	Gaz Argon				
	Vitrage				

Tableau 10 : Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 3ème Scénario. Source : Auteur

3.2.3.2. Objectifs du scénario 3 :

- **Simplifier la construction** : En utilisant la brique monomur, qui intègre l'isolation thermique dans sa structure, ce scénario vise à simplifier le processus de construction et à réduire les temps de mise en œuvre.

- **Améliorer l'isolation thermique** : La brique monomur offre une excellente isolation thermique naturelle, réduisant les besoins en isolants supplémentaires et contribuant à une meilleure performance énergétique globale du bâtiment.

- **Améliorer le confort thermique et acoustique** : Le double vitrage sous gaz argon améliore significativement l'isolation thermique et acoustique des fenêtres, contribuant à un meilleur confort pour les occupants.

- **Utilisation de matériaux locaux et innovants** : En optant pour la brique monomur, un matériau local, ce scénario favorise l'utilisation de ressources locales et contribue à une construction plus durable et écologique.

- **Réduction des coûts énergétiques** : Une meilleure isolation des murs et des fenêtres entraîne une réduction des coûts énergétiques associés au chauffage et à la climatisation, bénéficiant à la fois aux occupants et à l'environnement.

3.2.4. 4^{ème} Scénario :

3.2.4.1. Caractéristiques des matériaux utilisés :

Dans le scénario 4, nous avons ajouté une solution de climatisation avancée pour optimiser davantage le confort thermique et l'efficacité énergétique du bâtiment. En plus des améliorations des scénarios précédents, ce scénario intègre l'ajout de brises soleil orientables motorisés intégrés directement dans le vitrage des façades.

Tableau 11 : Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 4^{ème} Scénario. Source : Auteur

Élément	Composition	E (cm)	Conductivité (W/m-K)	Chaleur Spécifique (J/kg-K)	Densité (kg/m ³)
Murs Externes	Brique Monomur	30	0,08	840	600
Cloisons Internes	Plaque de plâtre	2,5	0,25	1000	900
	Lame d'Air	5	0,3	1000	1000
	Plaque de plâtre	2,5			
Plancher bas sur terrain	Dalle de Compression	10	1,7	900	2400
Plancher Extérieur	Mousse Minérale	10	0,035	900	200
	Dalle de compression	10	1,7	900	2400
	Bac Acier	5	50	500	7850
	Solive Métallique	20	50	500	7850
Vitrage	Vitrage	0,6	0,024	840	2500
	Gaz Argon				
	Vitrage				

+ L'intégration des brises soleil orientables motorisés intégrés dans le vitrage de la façade.

3.2.4.2. Caractéristiques des dispositifs utilisés :

Brises soleil orientables motorisés :

- **Description** : Des brises soleil orientables motorisés ont été intégrés dans le vitrage des façades. Ces dispositifs permettent un contrôle précis de l'ensoleillement entrant dans le bâtiment.

- **Fonctionnement** : Les brises soleil peuvent être ajustés automatiquement en fonction de la position du soleil, de la température extérieure et des besoins en éclairage intérieur, grâce à un système de motorisation et de capteurs intégrés.

- Avantages :

- **Réduction de la surchauffe estivale** : En limitant l'entrée directe du rayonnement solaire, les brises soleil réduisent la surchauffe des espaces intérieurs pendant les mois chauds.

- **Optimisation de l'éclairage naturel** : En contrôlant l'orientation des lamelles, il est possible de maximiser l'apport de lumière naturelle tout en réduisant l'éblouissement.

- **Amélioration de l'efficacité énergétique** : En réduisant la nécessité de climatisation en été et de chauffage en hiver, les brises soleil contribuent à diminuer la consommation énergétique globale du bâtiment.



Figure 49 : Vue d'intérieur sur les Brises soleil orientables motorisés. Source : [Brise-soleil orientable / Becher STP](#)

3.2.4.3. Objectifs du scénario 4 :

- **Contrôle solaire optimal** : Les brises soleil orientables permettent de moduler l'apport solaire en fonction des besoins, offrant un contrôle précis sur l'ensoleillement et la température intérieure.

- **Amélioration du confort thermique** : En réduisant les gains thermiques solaires en été, les brises soleil contribuent à maintenir une température intérieure agréable, limitant ainsi l'utilisation de la climatisation.

- **Réduction des coûts énergétiques** : En optimisant l'utilisation de la lumière naturelle et en réduisant les besoins en climatisation et en chauffage, ce scénario permet de réaliser des économies substantielles sur les coûts énergétiques.

- **Intégration esthétique et fonctionnelle** : Les brises soleil orientables intégrés dans le vitrage offrent une solution discrète et esthétique pour le contrôle solaire, améliorant à la fois l'apparence et la performance énergétique du bâtiment.

- **Contribution à la durabilité** : En réduisant les besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation, les brises soleil contribuent à diminuer l'empreinte carbone du bâtiment et à promouvoir une construction plus durable.

3.2.5. 5ème Scénario :

3.2.5.1. Caractéristiques des matériaux utilisés :

Dans le scénario, nous avons ajouté une solution de climatisation avancée pour optimiser davantage le confort thermique et l'efficacité énergétique du bâtiment. En plus des améliorations des scénarios précédents, ce scénario intègre un système de climatisation par poutres froides.

Tableau 12 : Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 5ème Scénario. Source : Auteur

Elément	Composition	E (cm)	Conductivité (W/m-K)	Chaleur Spécifique (J/kg-K)	Densité (kg/m ³)
Murs Externes	Brique Monomur	30	0,08	840	600
Cloisons Internes	Plaque de plâtre	2,5	0,25	1000	900
	Lame d'Air	5	0,3	1000	1000
	Plaque de plâtre	2,5			
Plancher bas sur terrain	Dalle de Compression	10	1,7	900	2400

Plancher Extérieur	Mousse Minérale	10	0,035	900	200
	Dalle de compression	10	1,7	900	2400
	Bac Acier	5	50	500	7850
	Solive Métallique	20	50	500	7850
Vitrage	Vitrage	0,6	0,024	840	2500
	Gaz Argon				
	Vitrage				

+ L'intégration des brises soleil orientables motorisés intégrés dans le vitrage de la façade.

+ L'intégration d'un système de climatisation par poutres froides.

3.2.5.2. Caractéristiques des dispositifs utilisés :

Système de climatisation par poutres froides :

1. Poutres froides :

- **Description** : Les poutres froides sont des dispositifs de climatisation qui utilisent l'eau refroidie pour absorber la chaleur de l'air ambiant par convection et radiation. (typeset.io)

- **Fonctionnement** : L'eau froide circule à travers les poutres, qui sont installées au plafond. L'air chaud ascendant est refroidi lorsqu'il passe au contact des poutres, puis redescend, créant ainsi un cycle de circulation naturelle sans recours à des ventilateurs mécaniques. (.irbnet.de)

- **Avantages** (maxaistorage.s3.amazonaws.com):

- **Confort thermique accru** : Les poutres froides assurent une distribution uniforme de la température et réduisent les variations de température dans les différentes zones du bâtiment.

- **Efficacité énergétique** : En utilisant l'eau pour le refroidissement, les poutres froides consomment moins d'énergie par rapport aux systèmes de climatisation traditionnels à air.

- **Réduction du bruit** : L'absence de ventilateurs mécaniques dans les poutres froides réduit considérablement les niveaux de bruit, créant un environnement intérieur plus calme et confortable.

- **Qualité de l'air améliorée** : Les poutres froides minimisent la recirculation de l'air, réduisant ainsi la propagation des contaminants et améliorant la qualité de l'air intérieur.

3.2.5.3. Objectifs du scénario 5 :

1. Optimisation du confort thermique :

- Le système de poutres froides assure une température intérieure stable et uniforme, améliorant le confort thermique des occupants.

2. Amélioration de l'efficacité énergétique :

- En intégrant un système de climatisation par poutres froides, le bâtiment bénéficie d'une solution de refroidissement efficace et économe en énergie, contribuant à réduire la consommation énergétique globale.

3. Réduction des coûts de fonctionnement :

- Grâce à l'efficacité des poutres froides, les coûts de fonctionnement pour le refroidissement du bâtiment sont significativement réduits par rapport aux systèmes de climatisation traditionnels.

4. Intégration avec les améliorations précédentes :

- Ce scénario s'appuie sur les améliorations des scénarios précédents, notamment les matériaux isolants et les brises soleil orientables, pour créer un environnement intérieur optimal à la fois en termes de confort thermique et d'efficacité énergétique.

5. Contribution à la durabilité :

- En réduisant les besoins en énergie pour le refroidissement, le système de poutres froides contribue à la durabilité du bâtiment, alignant le projet avec les objectifs de développement durable et de certification HQE.

4. Résultats de la Simulation :

Afin d'évaluer l'efficacité des différents scénarios proposés pour l'optimisation thermique du bâtiment, nous avons effectué une simulation annuelle des données climatiques spécifiques au site. Cette simulation a permis d'identifier les périodes critiques de l'année en termes de températures extrêmes, à savoir la semaine la plus chaude de l'été et la semaine la plus froide de l'hiver.

4.1. Périodes critiques identifiées :

4.1.1. Semaine la plus chaude de l'été :

- Période : du 25 au 31 juillet

- Objectif : Évaluer la performance des scénarios en matière de refroidissement et de maintien du confort thermique intérieur pendant les pics de chaleur estivale.

4.1.2. Semaine la plus froide de l'hiver :

- Période : du 1er au 7 janvier

- Objectif : Analyser l'efficacité des scénarios en matière de chauffage et d'isolation thermique durant les périodes de froid intense.

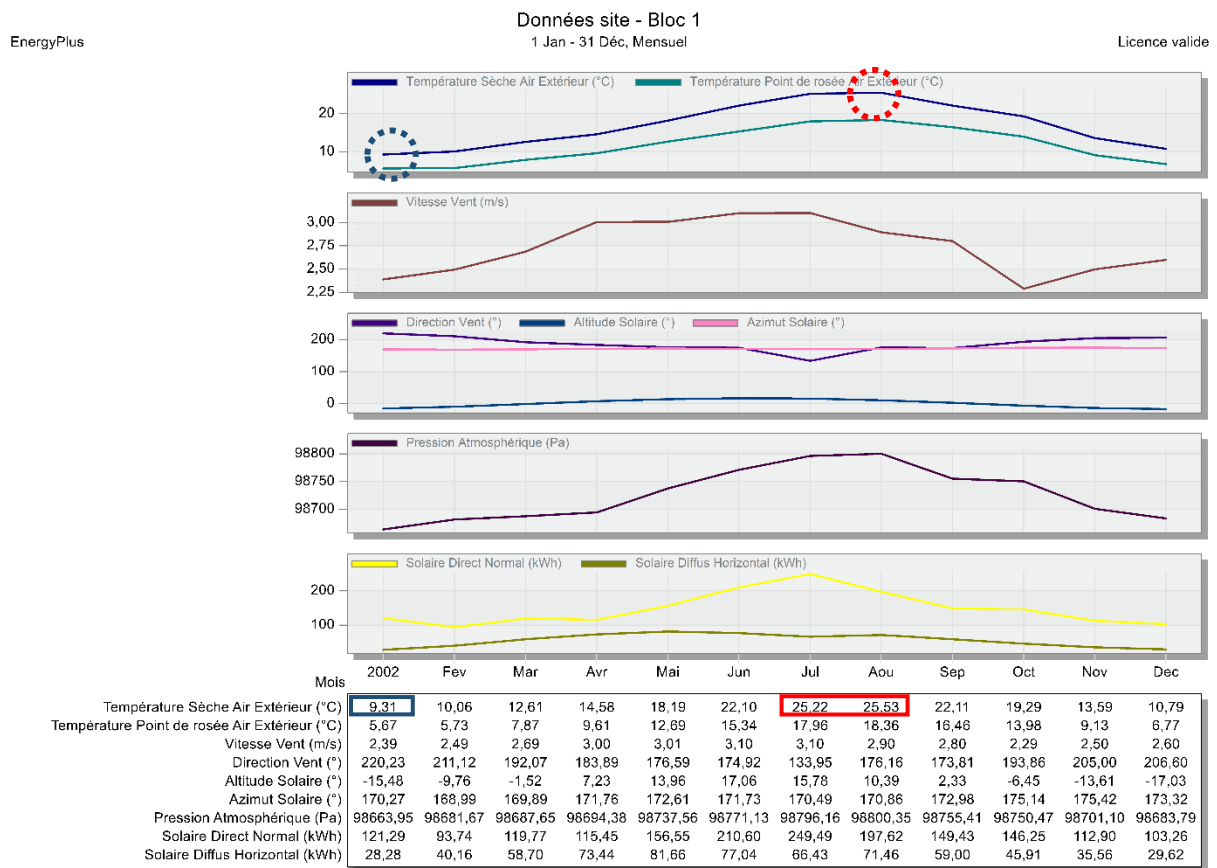


Figure 50: Simulation Annual des données de site. Source : DesignBuilder

4.2. Méthodologie d'évaluation du confort thermique :

Pour évaluer le confort thermique des différents scénarios, nous avons utilisé les indices de confort thermique de Fanger, qui incluent :

4.2.1. PMV (Predicted Mean Vote) :

- Indicateur qui évalue la sensation thermique moyenne ressentie par un groupe de personnes dans un environnement donné. Les valeurs de PMV varient de -3 (froid) à +3 (chaud), avec 0 indiquant un confort thermique neutre.

4.2.2. PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) :

- Pourcentage prédit de personnes insatisfaites de l'environnement thermique. Un PPD faible indique un haut niveau de confort thermique pour la majorité des occupants.

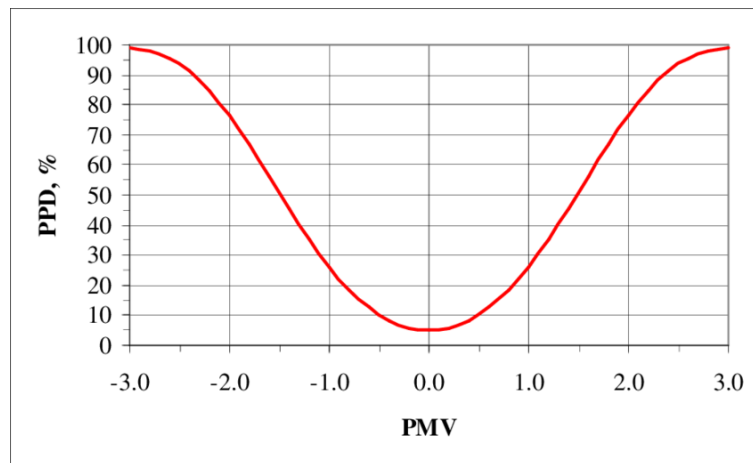


Figure 51 : Pourcentage prévu d'insatisfaits (PPD) en fonction du vote moyen prévu (PMV). Source : https://www.researchgate.net/figure/Predicted-percentage-dissatisfied-PPD-as-a-function-of-predicted-mean-vote-PMV_fig1_305755583

Ces indices permettent de quantifier et de comparer le confort thermique des différents scénarios, en prenant en compte les variations climatiques saisonnières et les performances thermiques des matériaux et systèmes intégrés dans chaque scénario.

En résumé, les résultats de la simulation ont été obtenus en analysant les périodes critiques de l'année et en évaluant le confort thermique à l'aide des indices de Fanger. Ces résultats nous permettent de comprendre l'efficacité de chaque scénario et d'identifier les meilleures solutions pour assurer un confort thermique optimal tout au long de l'année.

4.3. Analyse et Évaluation :

4.3.1. 1^{er} Scénario :

4.3.1.1. Semaine la Plus Chaude

- Température Opérative :

- Nous avons constaté que la température opérative dans le laboratoire de prototypage est significativement élevée par rapport à la température sèche de l'air extérieur. La température

opérative prend en compte à la fois la température de l'air et la température des surfaces environnantes, reflétant ainsi mieux le confort thermique ressenti par les occupants. Une température opérative élevée indique que les conditions intérieures sont inconfortables et trop chaudes.

- Indice PMV (Predicted Mean Vote):

- L'indice PMV, qui mesure la sensation thermique moyenne ressentie par les occupants, se situe entre 1.85 et 2.51. Selon l'échelle de Fanger, cette plage de valeurs indique un environnement thermique perçu comme chaud à très chaud, bien au-delà du confort thermique optimal (PMV de 0). Une valeur PMV aussi élevée suggère que les occupants ressentiraient une forte sensation de chaleur, contribuant ainsi à une insatisfaction thermique significative.

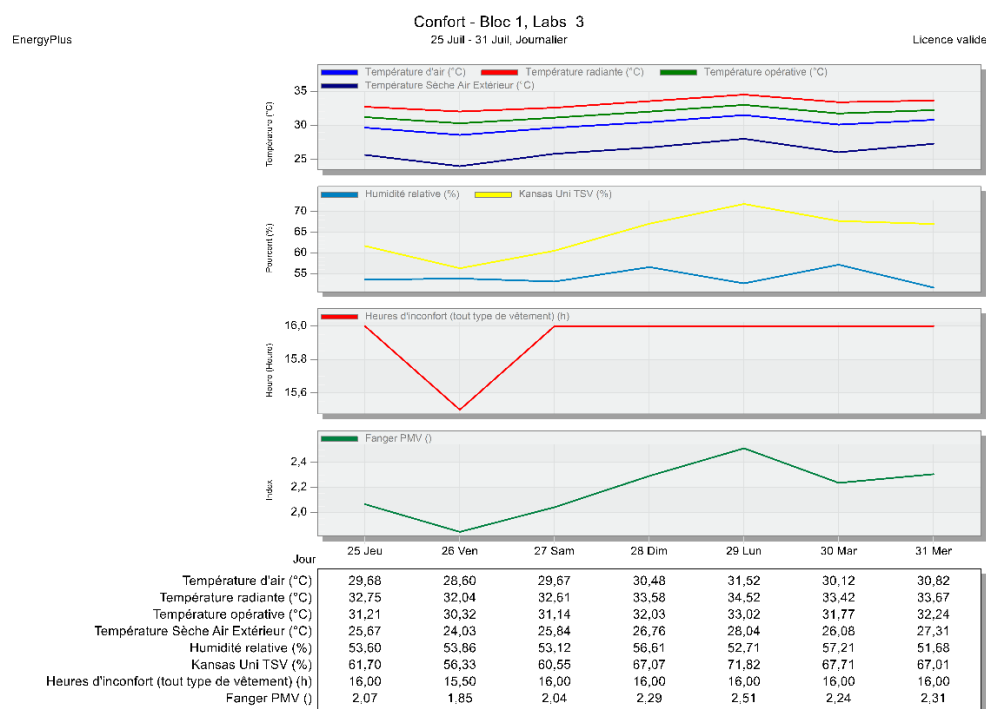


Figure 52 : Résultats de Simulation dans le 1^{er} Scénario – La semaine plus chaude. Source : DesignBuilder

Ces résultats du 1er scénario mettent en évidence la nécessité d'améliorer les conditions thermiques du laboratoire de prototypage. Les niveaux élevés de température opérative et l'indice PMV élevé indiquent que des mesures correctives sont essentielles pour assurer un environnement intérieur confortable pendant les périodes de chaleur extrême. Les prochaines sections exploreront les effets des améliorations apportées dans les scénarios suivants.

4.3.1.2. Semaine la Plus Froide

- Température Opérative :

- Nous avons constaté que la température opérative dans le laboratoire de prototypage est élevée par rapport à la température sèche de l'air extérieur. Cela signifie que, malgré les conditions climatiques extérieures très froides, l'intérieur du laboratoire maintient une température relativement plus élevée, ce qui est crucial pour le confort des occupants pendant les périodes froides.

- Indice PMV (Predicted Mean Vote):

- L'indice PMV, qui mesure la sensation thermique moyenne ressentie par les occupants, se situe entre 0.14 et 0.97. Cette plage de valeurs indique un environnement thermique perçu comme légèrement frais à neutre. Selon l'échelle de Fanger, ces valeurs sont proches du confort thermique optimal (PMV de 0), suggérant que les occupants ressentiraient une sensation thermique globalement confortable.

- Heures d'Inconfort :

- Cependant, malgré ces résultats généralement positifs, des heures d'inconfort ont été identifiées, principalement le matin entre 9h et 12h, qui correspondent aux heures de travail. Pendant ces heures, les occupants peuvent ressentir une sensation de froid, nécessitant ainsi une amélioration des conditions thermiques pour garantir un confort optimal pendant toute la journée de travail.

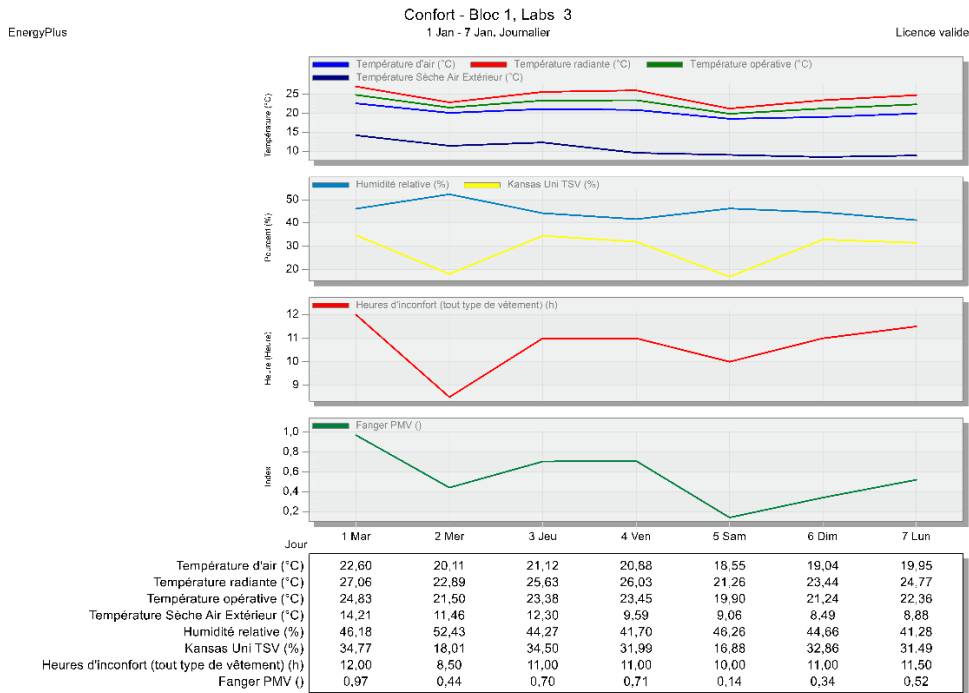


Figure 53 : Résultats de Simulation dans le 1^{er} Scénario – La semaine plus froide. Source : DesignBuilder

Bien que les conditions thermiques dans le laboratoire de prototypage semblent globalement confortables pendant la semaine la plus froide, les périodes d'inconfort matinales indiquent que des ajustements sont nécessaires. Ces améliorations permettront de garantir un confort thermique constant et adéquat pour les occupants, en particulier pendant les heures de travail critiques. Les scénarios suivants exploreront les modifications apportées pour optimiser davantage les conditions intérieures.

4.3.2. 2^{ème} Scénario

4.3.2.1. Semaine la Plus Chaude

- Température Opérative :

- La température opérative reste toujours élevée par rapport à la température sèche de l'air extérieur, similaire aux observations du 1^{er} scénario. Cela indique que les modifications apportées n'ont pas eu un impact significatif sur le confort thermique.

- Indice PMV (Predicted Mean Vote) :

- L'indice PMV, qui était entre 1.85 et 2.51 dans le 1^{er} scénario, se situe maintenant entre 1.82 et 2.50. Bien que cette légère amélioration soit attribuable aux changements apportés aux matériaux des murs externes, des cloisons internes, et du plancher extérieur, cette différence est minime.

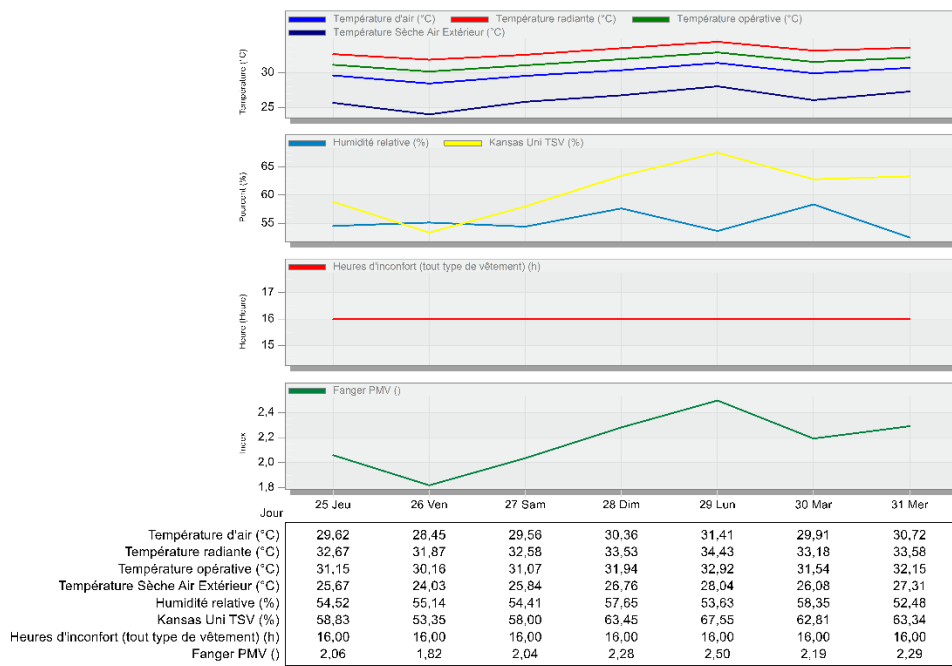


Figure 54 : Résultats de Simulation dans le 2ème Scénario – La semaine plus chaude. Source : DesignBuilder

Le choix des nouveaux matériaux pour les murs externes, les cloisons internes et le plancher extérieur n'a pas été suffisant pour apporter un changement remarquable dans le confort thermique du laboratoire de prototypage. Les conditions restent inconfortables pendant la semaine la plus chaude.

Ces résultats montrent que bien que le 2ème scénario ait introduit des améliorations en termes de matériaux, celles-ci ne sont pas assez significatives pour améliorer de manière notable le confort thermique du laboratoire de prototypage pendant les périodes de chaleur intense. Cela indique la nécessité d'explorer d'autres solutions pour optimiser les conditions thermiques dans cette zone.

4.3.2.2. Semaine la Plus Froide

- Température Opérative :

- La température opérative reste toujours plus élevée par rapport à la température sèche de l'air extérieur, similaire aux observations du 1er scénario. Cela montre que les modifications des matériaux n'ont pas considérablement affecté cette dynamique thermique.

- Indice PMV (Predicted Mean Vote) :

- L'indice PMV, qui était entre 0.14 et 0.97 dans le 1er scénario, se situe maintenant entre 0.05 et 0.94. Cette légère amélioration est due aux changements des matériaux des murs externes, des cloisons internes et du plancher extérieur. Cependant, cette différence reste marginale.

- Heures d'Inconfort :

- Les heures d'inconfort, définies par le besoin d'ajustement vestimentaire, sont réduites. Elles se situent désormais entre 10h et 12h par rapport au 1er scénario où elles étaient entre 9h et 12h. Cette réduction indique une légère amélioration du confort thermique pendant les heures de travail matinales.

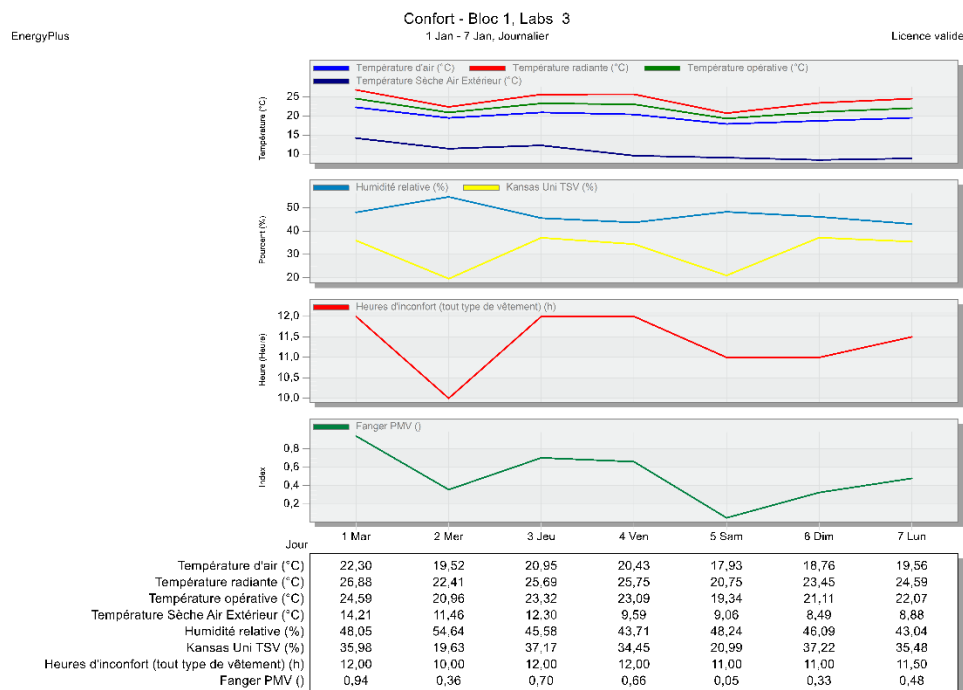


Figure 55 : Résultats de Simulation dans le 2ème Scénario – La semaine plus froide. Source : DesignBuilder

Bien que le 2ème scénario ait introduit des matériaux améliorés pour les murs externes, les cloisons internes et le plancher extérieur, les changements n'ont pas été suffisamment significatifs pour apporter une amélioration marquée du confort thermique. Cependant, la réduction des heures d'inconfort montre une légère progression, ce qui suggère que des ajustements supplémentaires pourraient continuer à améliorer les conditions thermiques dans cette zone.

4.3.3. 3ème Scénario :

4.3.3.1. Semaine la Plus Chaude

- Température Opérative :

- La température opérative reste élevée par rapport à la température sèche de l'air extérieur, mais elle est inférieure à celle des 1ers et 2èmes scénarios.

- Indice de Fanger (PMV) :

- L'indice PMV se situe entre 1.39 et 2.03, comparé à une plage de 1.85 à 2.51 dans le 1er scénario et de 1.82 à 2.50 dans le 2ème scénario.

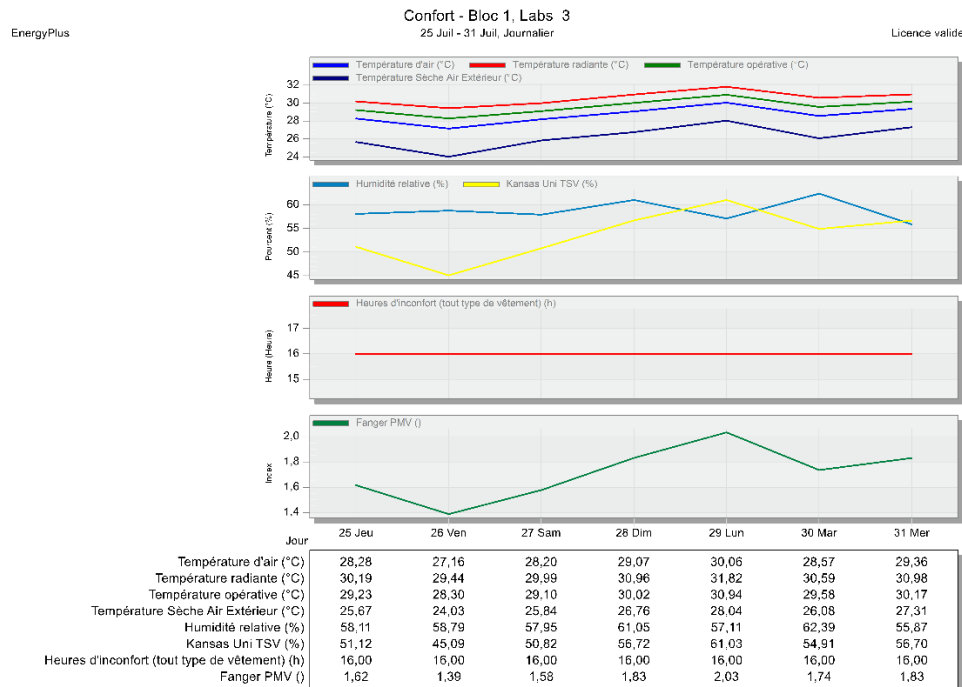


Figure 56 : Résultats de Simulation dans le 3ème Scénario – La semaine la plus chaude. Source : DesignBuilder

Cette amélioration est attribuée au remplacement des murs externes par des murs en brique monomur. De plus, l'utilisation de double vitrage sous gaz argon au lieu de simple vitrage a contribué à ces résultats. Ce scénario a donc montré des améliorations notables par rapport au 2ème scénario.

4.3.3.2. Semaine la Plus Froide

Température Opérative :

Nous avons constaté que la température opérative dans le troisième scénario restait constamment plus élevée par rapport à la température sèche de l'air extérieur. Cette situation indique une meilleure performance thermique interne, offrant ainsi un environnement plus confortable pour les occupants. En comparant avec les scénarios précédents, nous observons une amélioration significative. Cette amélioration peut être attribuée aux mesures supplémentaires de contrôle thermique mises en place dans ce scénario.

Indice de Fanger PMV :

L'indice de Fanger PMV, qui évalue le confort thermique perçu par les occupants, a montré des valeurs comprises entre 0.03 et 0.68 dans le troisième scénario. Ces valeurs indiquent un environnement globalement confortable pour les utilisateurs. Pour comparaison :

- Dans le deuxième scénario, l'indice PMV variait entre 0.05 et 0.94.
- Dans le premier scénario, l'indice PMV était compris entre 0.14 et 0.97.

Ces résultats montrent une amélioration continue du confort thermique à chaque étape, avec le troisième scénario offrant la meilleure performance.

Heures d'Inconfort :

Les heures d'inconfort, déterminées en fonction du type de vêtements portés, se sont principalement situées entre 9h et 11h dans le troisième scénario. Ce créneau est réduit par rapport au deuxième scénario (10h à 12h) et au premier scénario (9h à 12h). La réduction de la durée des heures d'inconfort est un indicateur supplémentaire de l'efficacité des améliorations apportées dans le troisième scénario.

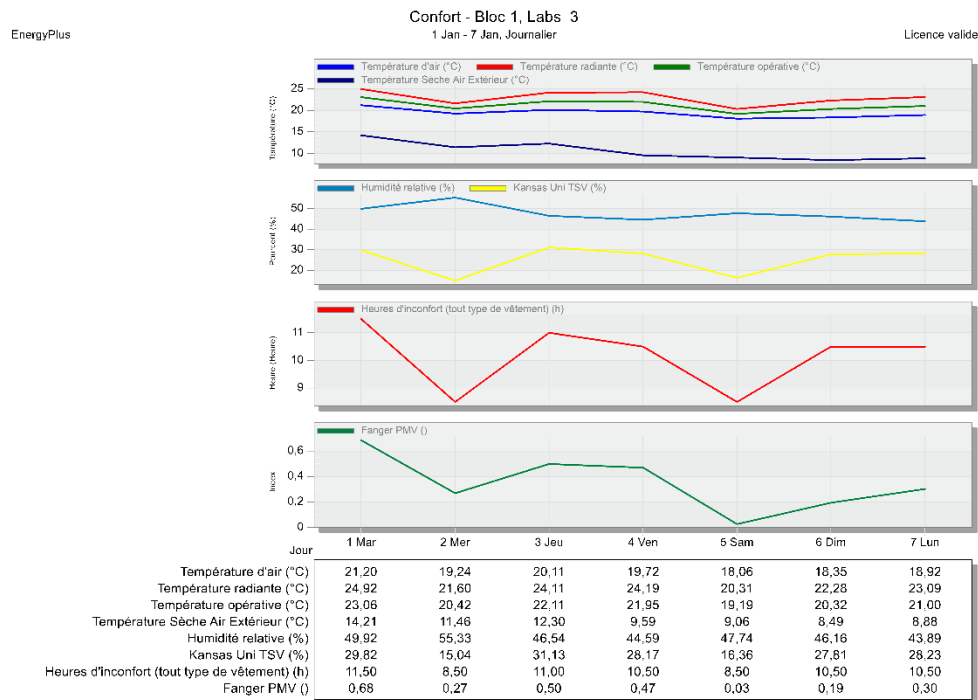


Figure 57 : Résultats de Simulation dans le 3ème Scénario – La semaine la plus froide. Source : DesignBuilder

En conclusion, le troisième scénario a démontré une meilleure performance thermique, tant en termes de température opérative que d'indice de confort PMV, réduisant ainsi les périodes d'inconfort pour les occupants du laboratoire de prototypage.

4.3.4. 4ème Scénario

4.3.4.1. Semaine la Plus Chaude

- Température Opérative :

- On remarque que la température opérative est désormais inférieure à la température sèche de l'air extérieur.

- Indice de Fanger (PMV) :

- L'indice de Fanger PMV, qui était entre 1.85 et 2.51 dans le 1er scénario, entre 1.82 et 2.50 dans le 2ème scénario, et entre 1.39 et 2.03 dans le 3ème scénario, se situe maintenant entre 0.68 et 1.05.

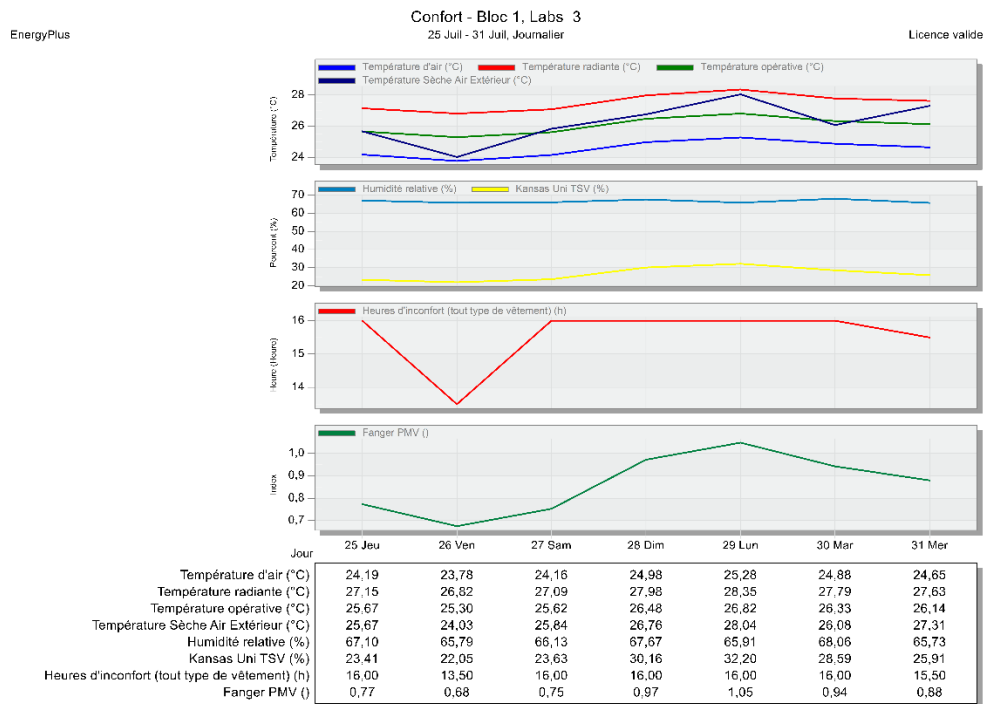


Figure 58 : Résultats de Simulation dans le 4ème Scénario – La semaine plus chaude. Source : DesignBuilder

Cette amélioration significative est due à l'intégration des brises-soleil orientables motorisés, qui permettent de contrôler l'apport solaire et de réduire la surchauffe.

4.3.4.2. Semaine la Plus Froide

- Température Opérative :

La température opérative reste toujours élevée par rapport à la température sèche de l'air extérieur, indiquant une bonne isolation et gestion thermique intérieure.

- Indice PMV (Predicted Mean Vote) :

L'indice de Fanger PMV se situe entre -0.49 et 0.29, ce qui montre une amélioration significative par rapport aux scénarios précédents :

- 3ème scénario : entre -0.03 et 0.68
- 2ème scénario : entre 0.05 et 0.94
- 1er scénario : entre 0.14 et 0.97

- Heures d'Inconfort :

Les heures d'inconfort avec tout type de vêtement se situent désormais dans la période de repos entre 11h et 13h, ce qui est une amélioration par rapport aux scénarios précédents où l'inconfort était principalement observé pendant la période matinale.

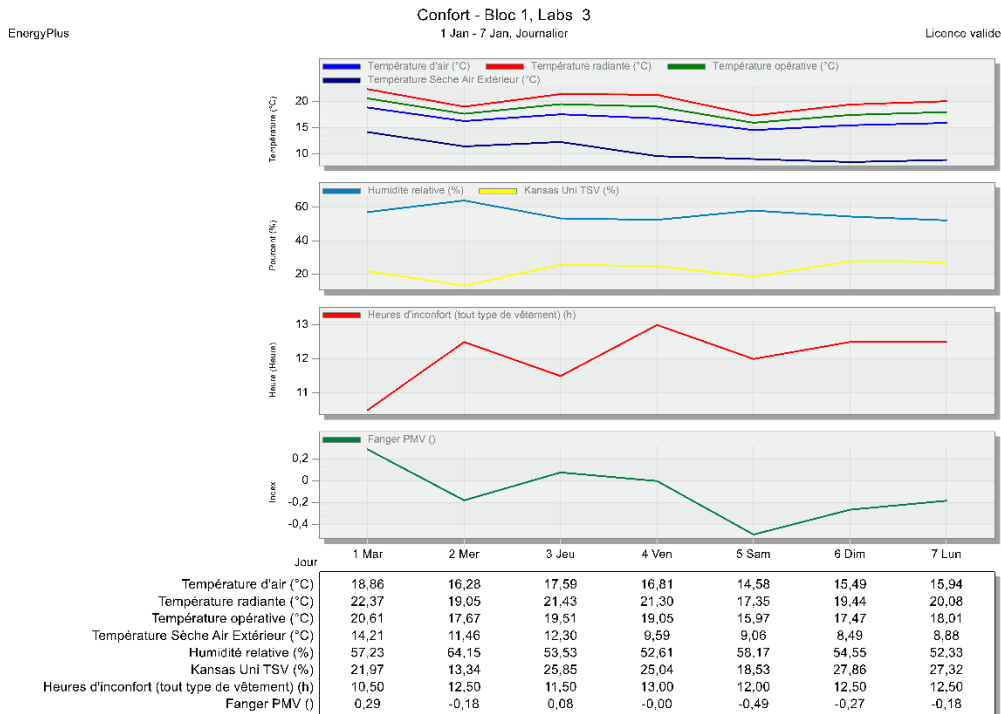


Figure 59 : Résultats de Simulation dans le 4ème Scénario – La semaine la plus froide. Source : DesignBuilder

4.3.5. 5ème Scénario

4.3.5.1. Semaine la Plus Chaude

- Température Opérative :

- On remarque que la température opérative est désormais inférieure à la température sèche de l'air extérieur.

- Indice de Fanger (PMV) :

- L'indice de Fanger PMV, qui était entre 1.85 et 2.51 dans le 1er scénario, entre 1.82 et 2.50 dans le 2ème scénario, entre 1.39 et 2.03 dans le 3ème scénario, et entre 0.68 et 1.05 dans le 4ème scénario se situe maintenant entre 0.56 et 0.90.

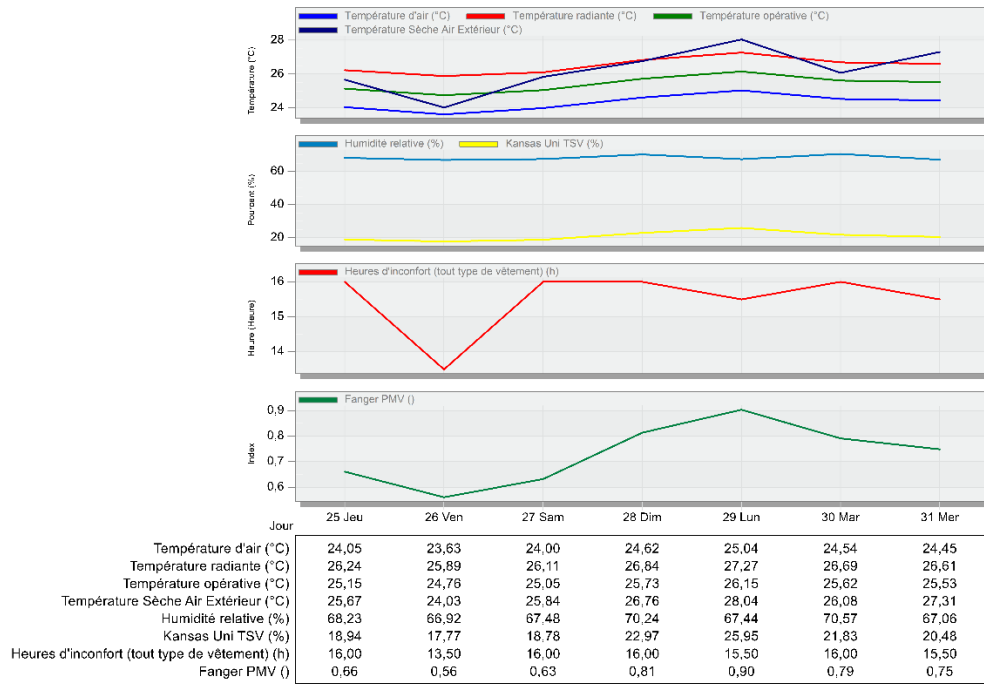


Figure 60 : Résultats de Simulation dans le 5ème Scénario – La semaine la plus chaude. Source : DesignBuilder

Cette amélioration significative est due à l'intégration d'un système de climatisation par poutres froides, qui offre une meilleure régulation de la température intérieure. Ce scénario et le scénario 04 montrent que l'optimisation du confort peut être atteinte efficacement par l'ajout de systèmes techniques en complément des améliorations de matériaux, comme observé dans les scénarios précédents.

4.3.5.2. Semaine la Plus Froide

- Température Opérative :

La température opérative reste toujours élevée par rapport à la température sèche de l'air extérieur, indiquant une bonne isolation et gestion thermique intérieure.

- Indice PMV (Predicted Mean Vote) :

L'indice de Fanger PMV se situe entre -0.49 et 0.29, ce qui montre une amélioration significative par rapport aux scénarios précédents :

- 4ème scénario : entre -0.03 et 0.68

- 3ème scénario : entre -0.03 et 0.68

- 2ème scénario : entre 0.05 et 0.94

- 1er scénario : entre 0.14 et 0.97

- Heures d'Inconfort :

Les heures d'inconfort avec tout type de vêtement se situent désormais dans la période de repos entre 11h et 13h, ce qui est une amélioration par rapport aux scénarios précédents où l'inconfort était principalement observé pendant la période matinale.

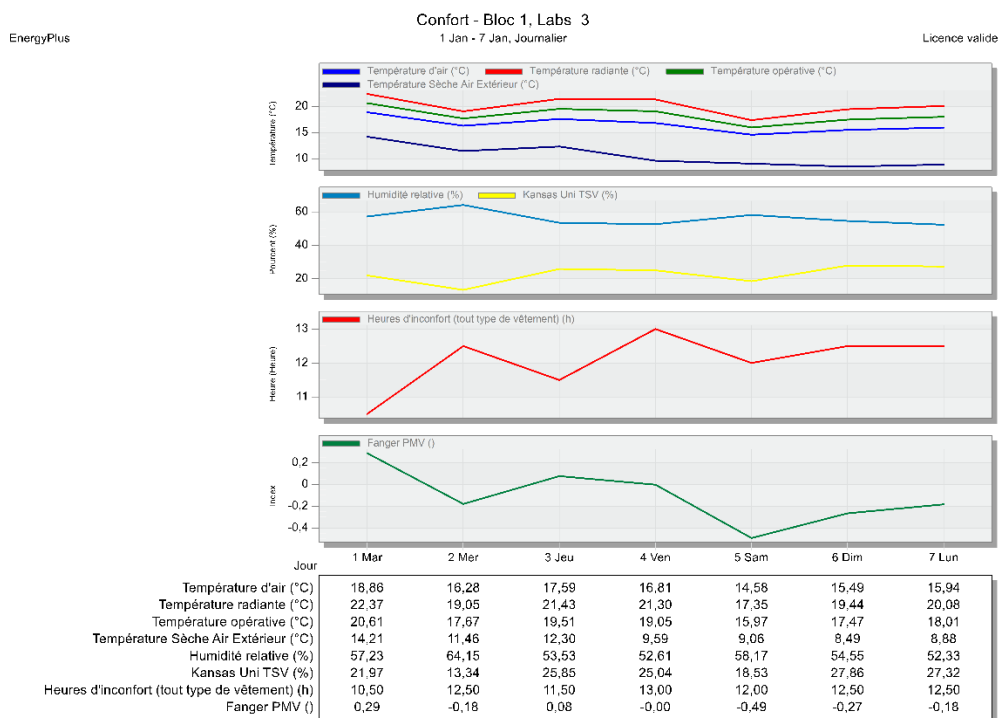
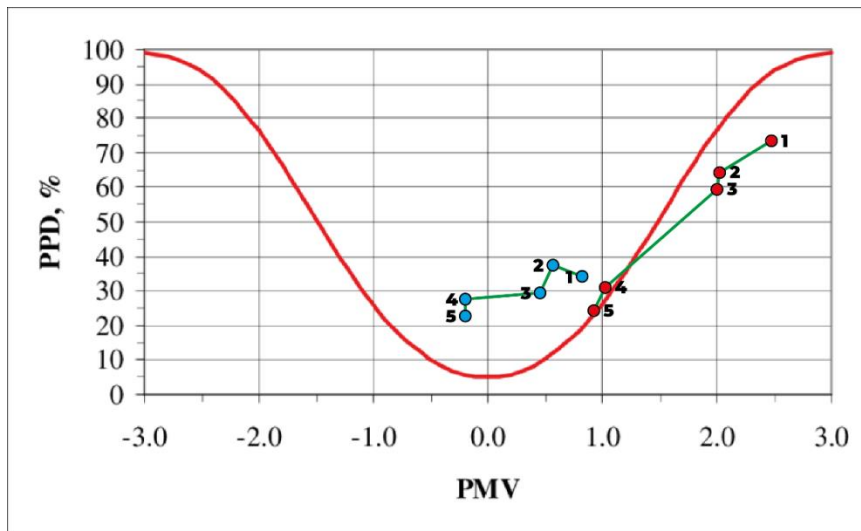


Figure 61 : Résultats de Simulation dans le 5ème Scénario – La semaine la plus froide. Source : DesignBuilder

Cette amélioration est attribuée à l'intégration des brises-soleil orientables motorisés et du système de climatisation par poutres froides, qui contribuent à une meilleure régulation de la température intérieure et à une répartition plus homogène du confort thermique tout au long de la journée.

5. Synthèse :



Légende : ● Période Estivale ● Période Hivernale

Figure 62 : Le développement du confort à travers plusieurs scénarios par rapport le graphe de Fanger. Source : Auteur.

Pour analyser ce graphe de Fanger, nous allons évaluer le confort thermique de l'espace de laboratoire de recherche entre le scénario 1 et le dernier scénario. Le graphe de Fanger représente le Pourcentage de Personnes Insatisfaites (PPD) en fonction de l'Indice de Vote Moyen Prévu (PMV).

Analyse des scénarios :

- Les points en rouge représentent la période estivale.
- Les points en bleu représentent la période hivernale.
- Les scénarios sont numérotés de 1 à 5 pour chaque période.

Comparaison entre le 1^{er} Scénario et le Dernier Scénario :

- Période Estivale :

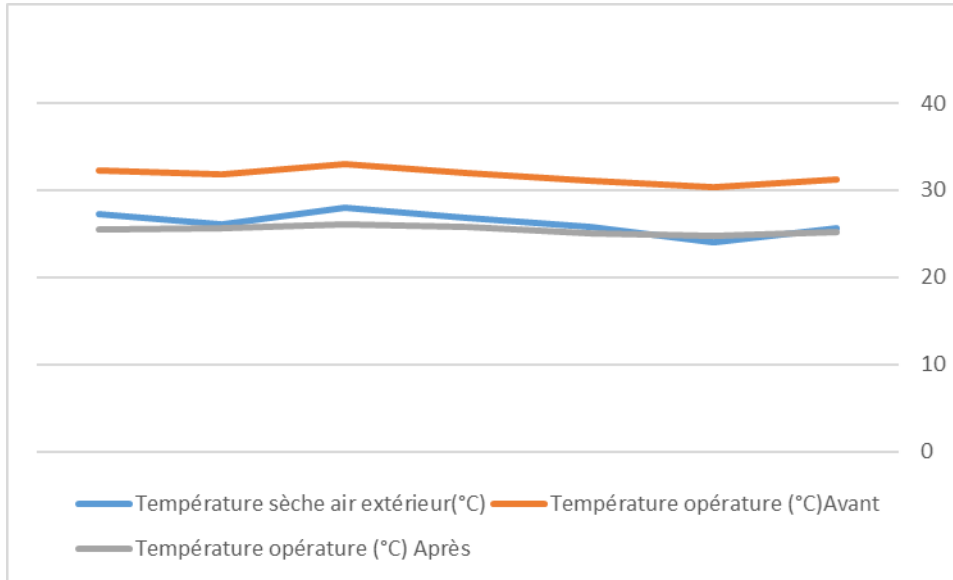
- Scénario 1 : PMV \approx 2.5, PPD \approx 73%
- Scénario 5 : PMV \approx 1.0, PPD \approx 24%
- Amélioration : Le confort thermique s'est grandement amélioré, passant d'un inconfort élevé à un inconfort beaucoup plus faible.

- Période Hivernale :

- Scénario 1 : PMV \approx 0.5, PPD \approx 33%

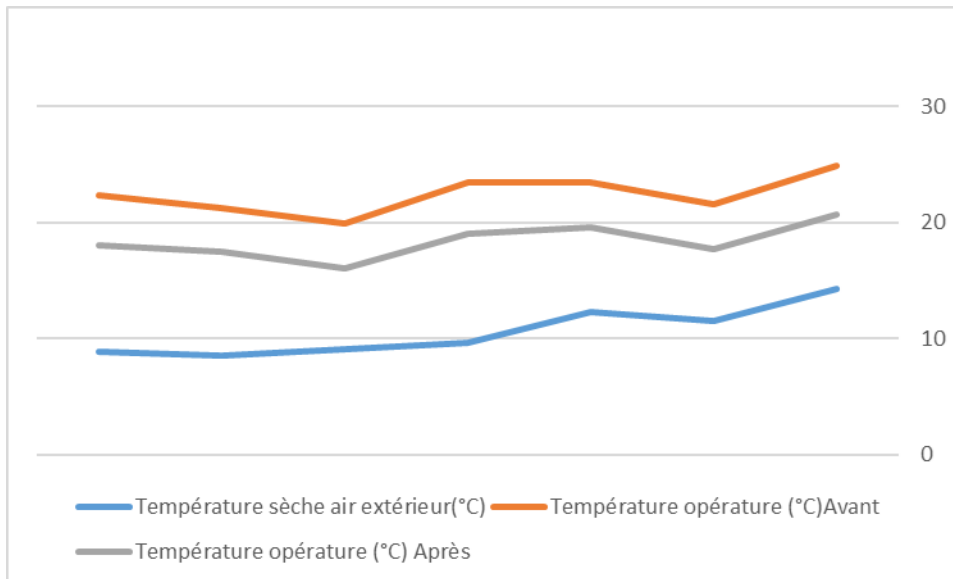
- Scénario 5 : PMV \approx 0.1, PPD \approx 21%

- Amélioration : Il y a également une amélioration en termes de confort thermique, bien que moins dramatique que pendant la période estivale.



Température sèche air extérieur(°C)	25,67	24,03	25,84	26,76	28,04	26,08	27,31
Température opérature (°C)Avant	31,21	30,32	31,14	32,03	33,02	31,77	32,24
Température opérature (°C) Après	25,15	24,76	25,05	25,73	26,15	25,62	25,53

Figure 63 : Comparaison de température opérative entre le 1er et le dernier scénario dans la semaine la plus chaude. Source : Auteur



Température sèche air extérieur(°C)	14,21	11,46	12,3	9,59	9,06	8,49	8,88
Température opérature (°C)Avant	18,91	18,44	17,87	17,36	16,73	16,2	16,06
Température opérature (°C) Après	18,28	17,54	17,33	17,05	16,65	16,47	16,5

6. Conclusion :

Ce Chapitre a fourni une analyse approfondie de la simulation thermique dynamique appliquée au projet de conception d'un parc éco-industriel. En effet, cette démarche permet d'évaluer et d'optimiser les performances thermiques et énergétiques des bâtiments, garantissant ainsi un confort optimal pour les occupants tout en minimisant l'impact environnemental.

L'utilisation du logiciel DesignBuilder Version 6 a été justifiée par ses capacités avancées en termes de précision et de flexibilité, adaptées à nos besoins spécifiques. Les paramétrages de simulation, incluant les données climatiques locales et les usages prévus des bâtiments, ont été définis avec soin pour garantir la pertinence et l'exactitude des résultats obtenus.

La modélisation de bâtiment, d'une zone principale a permis une analyse détaillée des différents scénarios. Chaque scénario a été conçu pour tester diverses combinaisons de matériaux et de systèmes, dans le but d'optimiser les conditions de confort thermique. Les résultats des simulations ont révélé plusieurs points clés :

- Semaine la Plus Chaude : Les premiers scénarios ont montré des températures opératives élevées et des indices PMV indiquant un inconfort thermique significatif. Cependant, les scénarios ultérieurs, intégrant des matériaux comme la brique mono mûr, le double vitrage sous gaz argon et des dispositifs tels que des brises-soleil orientables et des systèmes de climatisation par poutres froides, ont montré une amélioration notable, réduisant les indices PMV à des niveaux plus confortables.

- Semaine la Plus Froide : De même, les scénarios optimisés ont permis de réduire les périodes d'inconfort, avec des indices PMV témoignant d'une amélioration sensible du confort thermique, même si des ajustements restent nécessaires pour atteindre une optimisation complète.

Ce chapitre a démontré que la simulation thermique dynamique est un outil indispensable pour la conception de bâtiments à haute qualité environnementale. Les divers scénarios étudiés ont montré que l'intégration judicieuse de matériaux et de systèmes avancés permet d'atteindre des niveaux de confort thermique élevés, alignés avec les exigences de la certification HQE.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Notre thématique de recherche a exploré l'intégration des principes de durabilité dans le secteur du bâtiment en Algérie, avec une focalisation particulière sur la ville de Blida. À travers une analyse approfondie des concepts de développement durable, nous avons établi une base théorique solide pour comprendre comment ces principes peuvent être appliqués dans le contexte algérien.

L'étude a démontré que l'architecture bioclimatique, intégrée aux stratégies de développement durable, peut améliorer l'efficacité énergétique et le confort des bâtiments. Les simulations thermiques dynamiques ont permis d'optimiser ces aspects pour les bâtiments du parc éco-industriel proposé à Blida, montrant des améliorations significatives en utilisant des scénarios de conception optimisés.

Les études de cas de bâtiments certifiés, tant nationaux qu'internationaux, ont fourni des exemples concrets des avantages des certifications environnementales. Les analyses de la zone industrielle de Blida ont révélé les caractéristiques climatiques et géographiques essentielles pour la conception bioclimatique, démontrant qu'il est possible de créer un environnement bâti plus durable et efficient énergétiquement.

À moyen terme, il est essentiel de mettre en œuvre les recommandations du mémoire dans les futurs projets de construction à Blida, en adoptant des certifications environnementales et des stratégies bioclimatiques. La formation et la sensibilisation des professionnels du bâtiment sont cruciales, nécessitant des ateliers et des formations spécialisées. Un suivi régulier des projets pilotes est nécessaire pour évaluer leur performance et apporter des ajustements avec des indicateurs de performance clairs pour mesurer l'efficacité énergétique et le confort thermique des bâtiments.

À long terme, le développement de politiques publiques et de réglementations claires est indispensable pour assurer une adoption généralisée des principes de durabilité dans le secteur du bâtiment, incluant des incitations fiscales et des subventions pour les projets certifiés. L'expérience acquise à Blida peut servir de modèle pour d'autres régions d'Algérie, avec l'expansion des parcs éco-industriels dans d'autres zones industrielles du pays. Enfin, encourager la recherche et le développement de nouvelles technologies durables est essentiel,

notamment en matière de matériaux de construction, de systèmes énergétiques renouvelables et de méthodes de construction bioclimatique.

SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

Articles et publications

- François Jarrige, 2015, Révolutions industrielles: histoire d'un mythe, [Revue Projet](#), N° 349, PP. 14-21
- François Fleury al, 2022, Les impacts du changement climatique sur l'architecture dans la Métropole Rouen Normandie, GIEC, Normand, 47P
- M.A. Boukli Hacène al, 2011, La construction écologique en Algérie : Question de choix ou de Moyens, des Energies Renouvelables Vol. 14, N°4, PP. 627–635
- Olivier Boesch, 2020, RT20XX. La réglementation thermique des bâtiments : une histoire compliquée, Tous urbains, N° 30-31, PP. 36-38
- Peuportier Bruno, 2015, Énergétique des bâtiments et simulation thermique : modèles, mise en œuvre, études de cas, Paris, Eyrolles, 446 p.
- Philippe Deshayes, 2012, Le secteur du bâtiment face aux enjeux du développement durable : logiques d'innovation et/ou problématiques du changement, Innovations, N°37, PP. 219-236
- Romain Felli, 2015, La durabilité ou l'escamotage du développement durable, Raisons politiques, N° 60, PP. 149-160

Mémoires

- BAYA Souleymane, 2019, Démarche de qualité environnementale des bâtiment : La certification HQE en Algérie, Mémoire, École Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme d'Alger.
- HACENE Mouloud et BOULABBAS Mohamed Islam, 2022, Optimisation du confort thermique dans une résidence (chalet) dans un milieu forestier, Mémoire, Université Saad Dahleb Blida 01.
- OUAHIB Mohamed Nasreddine et TALBI Narimane, 2016, Architecture bioclimatique dans les équipements de santé, Mémoire, Université Saad Dahleb Blida 01.
- Pantelimon Negrut, Viorel (2011), La conception et la gestion des bâtiments résidentiels durables, Mémoire de maîtrise électronique, École de technologie supérieure, Montréal, Canada. [En ligne]. Disponibilité et accès : <https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/893/> (consulté le 30 Oct 2023)

Bases de données

- Climate Data. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://fr.climate-data.org> (consulté le 11 Nov 2023). Blida.
- Geoconfluences. [Data file]. Disponibilité et accès : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr> (consulté le 11 Nov 2023). Blida.
- Geo. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.geo.fr> (consulté le 29 Oct 2023). Blida.
- Bruno Peuportier, Researchgate. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.researchgate.net> (consulté le 30 Oct 2023). Blida.
- Gradhermetic. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.gradhermetic.com> (consulté le 01 Nov 2023). Blida.
- Ispira. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://ispira-qualite-air.fr> (consulté le 30 Oct 2023). Blida.
- Jacques Grinevald. [Data file]. Disponibilité et accès : <http://pinguet.free.fr/grinevald1990.pdf> (consulté le 30 Oct 2023). Blida.
- Kabaun. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.kabaun.com> (consulté le 30 Oct 2023). Blida.
- Kiara Worth. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://unfccc.int/fr/news> (consulté le 29 Déc. 2023). Blida.
- Laurent Perrin. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.batiweb.com>(consulté le 29 Déc. 2023). Blida.
- Leila Saharaoui et Yassine Bada, Openedition. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://journals.openedition.org> (consulté le 02 Nov 2023). Blida.
- Meteoblue. [Data file]. Disponibilité et accès <https://www.meteoblue.com>(consulté le 23 Oct 2023). Blida.
- lalgerieaujourd'hui. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://lalgerieaujourd'hui.dz> (consulté le 10 Nov 2023). Blida.
- Portail algérien des énergies renouvelables. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://portail.cder.dz> (consulté le 10 Nov 2023). Blida.

Reciouï, Bakhta al, DSpace. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://dspace.univ-ouargla.dz> (consulté le 01 Nov 2023). Blida.

République Algérienne Démocratique et Populaire. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.mfa.gov.dz> (consulté le 10 Nov 2023). Blida.

Tahar Kaidi, elmoudjahid. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.elmoudjahid.dz> (consulté le 25 Oct 2023). Blida.

Site officiel de l'entreprise BNP PARIBAS EL-DJZAIR <http://www.bnpparibas.dz> (consulté en 2023)

Open edition. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://books.openedition.org/irdeditions/6771?lang=en> (consulté en 2023)

Unesco. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366900> (consulté en 2023)

Bordeaux. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://ent2d.ac-bordeaux.fr/disciplines/edd/ledd-enjeux-et-contenus/definition-du-dd-et-grands-principes/> (consulté en 2023)

Klorane botanical foundation. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.kloranebotanical.foundation/comprendre-et-preserver-la-biodiversite/developpement-durable/les-trois-piliers-du-developpement-durable> (consulté en 2023)

Batiadvisor. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://batiadvisor.fr/architecture-durable/> consulté 23-12-2023

Thèse. [Data file]. Disponibilité et accès : [*theses.pdf](https://theses.pdf) (consulté en 2023)

EDF. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.edf.fr/groupe-edf/> (consulté en 2023)

Mta TERRE. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.mtaterre.fr/articles/comment-ca-marche-lenergie-eolienne/> (consulté en 2023)

Futura sciences. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-hydraulique-6659/> (consulté en 2023)

D-p-h info. [Data file]. Disponibilité et accès : <http://base.d-p-h.info/fr/fiches/dph/fiche-dph-7410.html>

L'énergie tout compris. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.lenergieoutcompris.fr/actualites-conseils/quels-sont-les-usages-de-la-geothermie-4805> (consulté en 2023)

You matter world. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://youmatter.world/fr/definition/efficacite-energetique-definition-et-champs-dapplication/> (consulté en 2023)

Edfenr. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.edfenr.com/lexique/efficacite-energetique/>

Solerpalau. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.solerpalau.com/blog/fr-fr/ventilation-efficacite-energetique/> (consulté en 2023)

Dspace université Jijel. [Data file]. Disponibilité et accès : <http://dspace.univ-jijel.dz:8080/xmlui/handle/123456789/7608> (consulté en 2023)

UN. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.un.org/fr/chronicle/article/limpact-des-technologies-des-energies-renouvelables-sur-lefficacite-energetique-mondiale> (consulté en 2023)

Revue isg. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://revue-isg.com/index.php/home/article/download/682/611/2464> (consulté en 2023)

Green washing economy. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://greenwashingeconomy.com/labels-certifications-rse/> (consulté en 2023)

Quelle énergie magazine. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.quelleenergie.fr/magazine/les-labels-certifications-du-batiment> (consulté en 2023)

Cairn. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.cairn.info/revue-marche-et-organisations-2009-1-page-201.html> (consulté en 2023)

Total energies. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://services.totalenergies.fr/qui-sommes-nous/developpement-durable/labels-certifications> (consulté en 2023)

Qualitel. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.qualitel.org/particuliers/conseils/labels-certifications-reglementations-quelles-sont-les-differences/> (consulté en 2023)

Ibat solution. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.ibat-solution.com/blog/labels-et-certifications-dans-le-batiment/> (consulté en 2023)

Ebp. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.ebp.com/blog/decrypter-actualite/certifications-du-batiment-decryptage-des-6-incontournables> (consulté en 2023)

ADCI. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.adci.fr/entreprises-du-batiment-faites-reconnaitre-votre-savoir-faire-grace-aux-labels-et-certifications/> (consulté en 2023)

Eco passive houses. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.ecopassivehouses.com/fr/certifications-et-labels-internationaux/> (consulté en 2023)

Calculcee. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.calculcee.fr/article/label-certification-energetique-batiment/> (consulté en 2023)

Jp info. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://jpinfo.fr/blog/certifications-labels-savoir-faire/> (consulté en 2023)

Decennale. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.decennale.com/labels-qualite-artisan-du-batiment-assurance-construction.html> (consulté en 2023)

Slideshare. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://fr.slideshare.net/Saamysaami/confort-en-architecture> (consulté en 2023)

Xpair. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.xpair.com/lexique/definition/> (consulté en 2023)

Issuu. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://issuu.com/delphmagnan/docs/> (consulté en 2023)

Elearning University Tlemcen. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://elearn.univ-tlemcen.dz/mod/resource/view.php?id=23156> (consulté en 2023)

Passive act. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.htm>

Elearning University Bejaia. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://elearning.univ-bejaia.dz/mod/resource/view.php> (consulté en 2023)

Europe energie. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.europe-energie.com/blog/ameliorer-le-confort-thermique/> (consulté en 2023)

Hellowatt. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.hellowatt.fr/renovation/globale/confort-thermique> (consulté en 2023)

Researchgate. [Data file]. Disponibilité et accès : https://www.researchgate.net/publication/299600698_Concevoir_un_batiment_confortable_et_sain (consulté en 2023)

Biobric. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.biobric.com/confort-habitat-brique-terre-cuite> (consulté en 2023)

Guide bâtiment durable, brussels. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/assurer-confort-acoustique> (consulté en 2023)

Cercle promodul. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.cercle-promodul.inef4.org/publication/confort-thermique-comment-tendre-vers-un-confort-4-saisons/> (consulté en 2023)

Ministère de la culture de la France. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.culture.gouv.fr/Media/Regions/Drac-Paca/Files/Aides-demarches/> (consulté en 2023)

Aniref. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHIE%20WILAYA%20BLIDA.pdf> (consulté en 2023)

City population. [Data file]. Disponibilité et accès : https://www.citypopulation.de/en/algeria/admin/09_blida/ (consulté en 2023)

Cambridge dictionary. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/simulation> (consulté en 2024)

Oxford English dictionary. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.oed.com/dictionary/simulation> (consulté en 2024)

Typeset. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://typeset.io/pdf/building-simulations-supporting-decision-making-in-early-13uja5kjrjrn.pdf> (consulté en 2024)

Vizea. [Data file]. Disponibilité et accès : <http://www.vizea.fr/bureau-detudes/mde/78-simulation-thermique-dynamique.html> (consulté en 2024)

Scribd. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://fr.scribd.com/document/709447635/27102020160202262980578546> (consulté en 2024)

Batisim. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.batisim.net/designbuilder.html> (consulté en 2024)

Designbuilder software. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://designbuilder.co.uk/> (consulté en 2024)

Fraunhofer IRB. [Data file]. Disponibilité et accès : <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8348.pdf> (consulté en 2024)

Tables des figures

Figure 1 : Exemples de certifications les plus répandues dans le monde. Source : Auteur.....	18
Figure 2 : Les trois piliers du développement durable. Source : https://www.natureculture.org/post/les-trois-piliers-du-developpement-durable	31
Figure 3: les objectifs de développement durable. Source : https://fr.unesco.org/sdgs	31
Figure 4: Principes de base d'une conception bioclimatique. Source : https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/	34
Figure 5 : Les stratégies bioclimatiques. Source : https://re2020-enligne.fr/comment-consommer-moins-conception-bioclimatique/	35
Figure 6: l'intégration urbaine du bâtiment. Source : www.ecozimut.com	37
Figure 7:disposition bioclimatique des pièces. Source : https://www.homaj.fr/blog/2019/les-grands-principes-de-la-construction-bioclimatique/	37
Figure 8: Rôle de la végétation. Source : slideshare	38
Figure 9:isolation bâtiment. Source : isolation optimale.....	38
Figure 10:Matériaux d'une maison éco-logis, Source : http://bahema-multitravaux.fr/	39
Figure 11: Les types de vitrages. Source : www.fenetre-isolation.com	39
Figure 12:Schéma représentant les méthodes de protection solaires. Source : www.inex.fr	39
Figure 13:Schéma de ventilation naturelle d'une construction. Source : www.aquaa.fr	40
Figure 14 : Climatisation Passive. Source : https://www.guide-climatisation.com/reglementation-climatisation/	40
Figure 15 : La ville de Blida dans le territoire de la Mitidja. Source : Auteur	55
Figure 16 : Les contraintes d'urbanisation de la ville et la consommation spatiale du foncier urbanisable par les Zones Militaires (ZM) et les Zones Industrielles (ZI). Source : Auteur.....	56
Figure 17 : La structure des infrastructures viaires de la ville de Blida. Source : Auteur	57
Figure 18 : Structure démographique de la wilaya de Blida. Source: Auteur	58
Figure 19 : Structure Fonctionnelle de la ville de Blida. Source: Auteur.....	59
Figure 20 : Situation urbaine de l'aire d'étude. Source: Auteur	59
Figure 21: carte du bâti et non bâti de la zone industriel Blida. Source: Auteur.....	60
Figure 22: carte des activités et équipements de la zone industriel. Source: Auteur.....	60
Figure 23: hiérarchisation des voies. Source: Auteur.....	61
Figure 24: diagramme de température. Source : climatconsultant modifier par l'auteur.....	62
Figure 25: diagramme de précipitation. Source : météoforme.	63
Figure 26: Graphe de durée de l'ensoleillement. Source : météoforme.....	64
Figure 27: rose des vents. Source : météoforme	64
Figure 28: Diagramme de Givioni. Source : Climateconsultant	65
Figure 29: stratégie de conception de Givioni. Source : Climateconsultant.....	66
Figure 30 : Situation de l'aire d'intervention. Source : Auteur	67
Figure 31 : Vur sur la route principale. Source : Auteur	67
Figure 32 : Indentification des propriétés du foncier. Source : Auteur	67
Figure 33 : Reconfiguration des parcelles. Source : Source.....	67
Figure 34 : Restructuration de voirie. Source : Auteur	67
Figure 35 : Valorisation de la mobilité durable. Source : Auteur.....	67

Figure 36 : Reconversion d'une servitude existante. Source : Auteur.	68
Figure 37 : Occupation du Sol par des fonctions mères. Source : Auteur.....	68
Figure 38 : Plan d'Aménagement Urbain. Source : Auteur.....	68
Figure 39 : Tracé des limites du terrain. Source : Auteur	69
Figure 40 : Affectation des zones du projet. Source : Auteur	69
Figure 41 : Orientation selon les vents l'ensoleillement et le contexte. Source : Auteur.....	69
Figure 42 : Tracé géométrique des formes de projet. Source : Auteur.....	69
Figure 43 : Structure Fonctionnelle du projet. Source : Auteur	70
Figure 44: Exemple de simulation thermique dynamique.....	76
Figure 45 : le logo du Logiciel DesignBuilder. Source : https://www.greenplan.co.za/designbuilder/78	
Figure 46 : le logo du programme EnergyPlus. Source : https://www.energy.gov/eere/buildings/articles/energyplus	78
Figure 47 : L'interface du logiciel Design Builder. Source : https://designbuilder.co.uk/software/what-s-new-in-v7	78
Figure 48 : Modélisation du Boc R&D. Source : Auteur	81
Figure 49 : Vue d'intérieur sur les Brises soleil orientables motorisés. Source : Brise-soleil orientable Becher STP.....	86
Figure 50: Simulation Annuel des données de site. Source : DesignBuilder	90
Figure 51 : Pourcentage prévu d'insatisfaits (PPD) en fonction du vote moyen prévu (PMV). Source : https://www.researchgate.net/figure/Predicted-percentage-dissatisfied-PPD-as-a-function-of-predicted-mean-vote-PMV_fig1_305755583	91
Figure 52 : Résultats de Simulation dans le 1 ^{er} Scénario – La semaine plus chaude. Source : DesignBuilder.....	92
Figure 53 : Résultats de Simulation dans le 1 ^{er} Scénario – La semaine plus froide. Source : DesignBuilder.....	94
Figure 54 : Résultats de Simulation dans le 2 ^{ème} Scénario – La semaine plus chaude. Source : DesignBuilder.....	95
Figure 55 : Résultats de Simulation dans le 2 ^{ème} Scénario – La semaine plus froide. Source : DesignBuilder.....	96
Figure 56 : Résultats de Simulation dans le 3 ^{ème} Scénario – La semaine plus chaude. Source : DesignBuilder.....	97
Figure 57 : Résultats de Simulation dans le 3 ^{ème} Scénario – La semaine plus froide. Source : DesignBuilder.....	98
Figure 58 : Résultats de Simulation dans le 4 ^{ème} Scénario – La semaine plus chaude. Source : DesignBuilder.....	99
Figure 59 : Résultats de Simulation dans le 4 ^{ème} Scénario – La semaine plus froide. Source : DesignBuilder.....	100
Figure 60 : Résultats de Simulation dans le 5 ^{ème} Scénario – La semaine plus chaude. Source : DesignBuilder.....	101
Figure 61 : Résultats de Simulation dans le 5 ^{ème} Scénario – La semaine plus froide. Source : DesignBuilder.....	102
Figure 62 : Le developpement du confort à travers plusieurs scénario par rapport le graphe de Fanger. Source : Auteur.....	103
Figure 63 : Comparaison de température opérative entre le 1er et le dernier scénario dans la semaine plus chaude. Source : Auteur.....	104
Figure 64 : Comparaison de température opérative entre le 1er et le dernier scénario dans la semaine plus chaude. Source : Auteur.....	105
Figure 65 : Caractéristiques de base des parcs industriels. Source : IP_FR_spreads.pdf.....	118
Figure 66 : Objectifs de DD par les parc industriel. Source : IP_FR_spreads.pdf.....	118
Figure 67: Siège du groupe BNP Paribas Alger - Bab Ezzouar. Source : pinterest.com	122

Figure 68: Emplacement du BNP. Source : Auteur	122
Figure 69: répartition des niveaux du BNP. Source : Auteur	122
Figure 70: Premier lycée français certifié NF Bâtiments tertiaires Démarche HQE® source : :https://www.lemoniteur.fr/article/premier-lycee-francais-certifie-nf-batiments-tertiaires-demarche-hqe.1916294	122
Figure 71: évaluation environnementale selon le référentiel de certification HQE. Source : BÂTIMENT ET DEMARCHE HQE.....	122
Figure 72: Kalundborg, modèle d'écologie industrielle. Source : https://www.demainlaville.com	122
Figure 73: La symbiose industrielle de Kalundborg.	122

Tables des tableaux

Tableau 1 : Démarche Méthodologique. Source : Auteur.....	26
Tableau 2:Les paramètres de l'architecture bioclimatique. Source : Hacene Mouloud et Boulabbas Mohamed Islam 2022 Modifié par l'Auteur	40
Tableau 3 : Types d'efficacité énergétique. Source : Auteur.....	43
Tableau 4 : Tableau 4 Rôle des Labels et certifications dans le secteur du bâtiment. Source : Auteur	46
Tableau 5 : Les Certifications de Bâtiment. Source : Auteur.....	48
Tableau 7 : Informations sur la simulation de bâtiment. Source : typeset.io	75
Tableau 8 : Avantages du Logiciel DesignBuilder. Source : www.batisim.net	79
Tableau 9: Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 1er Scénario. Source : Auteur	82
Tableau 10 : Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 2ème Scénario. Source : Auteur.....	83
Tableau 11 : Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 3ème Scénario. Source : Auteur.....	84
Tableau 12 :Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 4ème Scénario. Source : Auteur.....	85
Tableau 13 : Caractéristiques des matériaux utilisés dans le 5ème Scénario. Source : Auteur.....	87
Tableau 6 : Les infrastructures et installations de base. Source : l'Auteur	121
Tableau 14 : La matérialisation des cibles de la certification HQE pour la BNP PARIBAS.....	122
Tableau 15 : Application des conditions environnementale de la certification. Source : auteur basé sur les informations du Bâtiments et démarche HQE	122

Abréviations

A

ACV : Analyse du Cycle de Vie

AFOM : Atouts, Forces, Opportunités et Menaces

B

BBC : Bâtiment Basse Consommation

BNP PARIBAS : Banque Nationale de Paris Paribas

C

COP : Conférence des Parties

CO₂ : Dioxyde de carbone

CVC : Chauffage, Ventilation, Climatisation

D

DTR : Document Technique Règlementaire

DD : Développement Durable

E

EIE : Évaluation de l'Impact Environnemental

EC : Économie Circulaire

EV : Véhicules Électriques

ENR : Énergies Renouvelables

G

GES : Gaz à Effet de Serre

GBC : Green Building Council

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

H

HQE : Haute Qualité Environnementale

HR : Humidité Relative

I

ISO : Organisation internationale de normalisation

ISO 14001 : Norme internationale de système de management environnemental

ISO 50001 : Norme internationale de système de management de l'énergie

O

ODD : Objectifs de Développement Durable

ONG : Organisation Non-Gouvernementale

N

NF : Norme Française (notamment NF Habitat HQE pour les bâtiments durables)

P

PEI : Parc Éco-Industriel

PMV : Predicted Mean Vote (Vote Moyen Prévu)

PPD : Predicted Percentage of Dissatisfied (Pourcentage Prévu de Mécontents)

PEB : Performance Énergétique des Bâtiments

R

RT : Réglementation Thermique

RE : Réglementation Environnementale

R&D : Recherche et Développement

S

SHOB : Surface Hors Œuvre Brute

SHON : Surface Hors Œuvre Nette

STD : Simulation Thermique Dynamique

V

VRD : Voiries et Réseaux Divers

Z

ZHUN : Zone d'Habitat Urbain Nouvelle

ANNEXES

1.Industrialisation et Infrastructures Inclusives et Durables

1.1 Les parcs Eco-Industriel

1.1.1 Introduction

En tant que moteurs du développement économique régional, les parcs industriels sont souvent perçus comme des espaces polluants, gourmands en ressources et en énergie. Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 reconnaît l'importance cruciale d'une industrialisation inclusive et durable ainsi que de ses infrastructures de soutien pour éliminer la pauvreté.

Il est largement admis qu'aucun pays ou région n'a jamais atteint un niveau de vie décent sans un secteur industriel robuste. L'industrialisation offre des économies d'échelle, augmente le revenu des ménages grâce à des emplois manufacturiers stables et qualifiés, et favorise la croissance économique durable. La croissance du secteur manufacturier est également essentielle pour absorber la main-d'œuvre excédentaire d'autres secteurs, en particulier dans les pays en développement en pleine urbanisation.

Au fil des décennies, le secteur manufacturier a connu une transformation profonde en termes de structures, de technologies et de frontières sectorielles. La désindustrialisation prématurée est cependant devenue une réalité dans certains pays en développement, où la part du secteur manufacturier dans le PIB diminue.

Pour surmonter ces défis, les gouvernements doivent mettre en œuvre des stratégies et des politiques bien conçues pour industrialiser et transformer leurs économies.

1.1.2 Le Concept des Parcs Industriels

Les parcs industriels jouent un rôle essentiel dans les politiques industrielles et d'infrastructure des pays, offrant un environnement planifié et amélioré pour permettre à l'industrie de s'installer et de prospérer. Un parc industriel est généralement défini comme une parcelle de terrain subdivisée et développée selon un plan complet, fournissant des services publics, des transports et des installations communes aux industriels.

Cependant, le terme "parcs industriels" englobe une variété de concepts tels que les zones franches, les zones économiques spéciales, les zones de haute technologie, etc. Il est essentiel de reconnaître cette diversité pour élaborer une définition complète des parcs industriels.



Figure 65 : Caractéristiques de base des parcs industriels. Source : [IP_FR_spreads.pdf](#).

1.1.3 Parcs Éco-Industriels (PEI)

Les parcs éco-industriels, également appelés zones durables, à faible émission de carbone, vertes ou circulaires, sont conçus pour améliorer les performances sociales, économiques et environnementales des entreprises résidentes. Ils favorisent la symbiose industrielle, l'utilisation efficace des ressources et les technologies vertes, contribuant ainsi à des chaînes de valeur vertes et à des pratiques commerciales durables.

1.1.4 Objectifs des Directives Internationales

Ces directives visent à promouvoir une industrialisation inclusive et durable dans de nombreux pays en développement, contribuant ainsi à la réalisation des Objectifs de Développement Durable (ODD) tels que la gestion durable de l'eau, la croissance économique soutenue, la construction d'infrastructures résilientes, la promotion de modes de consommation et de production durables, et la lutte contre le changement climatique.



Figure 66 : Objectifs de DD par les parc industriel. Source : [IP_FR_spreads.pdf](#).

Les parcs industriels, en adoptant des pratiques socialement et écologiquement responsables, peuvent servir de modèles démontrant la faisabilité de ces objectifs, non seulement au sein des parcs eux-mêmes mais aussi à l'échelle nationale.

En encourageant la création de nouveaux parcs éco-industriels, ces directives visent à favoriser une économie circulaire, promouvant ainsi une utilisation efficace des ressources et contribuant à des pratiques commerciales durables à l'échelle mondiale.

1. Sélection de l'emplacement/site :

La sélection de l'emplacement pour la construction d'un parc industriel est une étape cruciale qui nécessite une approche stratégique. Cette décision influence directement la viabilité, la rentabilité et la durabilité du projet. Cette section du mémoire explore en détail les considérations clés et les meilleures pratiques liées à la sélection d'emplacement, en s'appuyant sur des références bibliographiques fiables dans le domaine du développement industriel.

A- Proximité des Installations de Transport

L'accessibilité est un élément fondamental dans le processus de sélection d'emplacement. Selon Chen et al. (2017), la proximité des installations de transport est cruciale pour faciliter la distribution efficace des produits et minimiser les coûts logistiques. Des exemples de réussites basées sur cette considération seront explorés, mettant en lumière l'impact positif sur la chaîne d'approvisionnement.

B- Existence d'un Marché Local Viable

La demande du marché local est un facteur déterminant pour la durabilité d'un parc industriel. Les travaux de Nadiri et al. (2015) fournissent des perspectives sur les critères de sélection liés à la demande du marché local, soulignant l'importance d'une analyse approfondie des besoins économiques et industriels locaux.

C- Facteurs Spécifiques à l'Industrie

Certains secteurs industriels exigent des besoins spécifiques en termes d'emplacement. Des références spécialisées, telles que l'étude de Maier et al. (2019) sur les facteurs de localisation dans l'industrie chimique, seront examinées pour guider la prise de décision dans des contextes industriels spécifiques.

D- Études de Cas et Analyses Coût-Bénéfice

Des études de cas, telles que celle menée par Ng et al. (2018) sur la sélection de sites industriels en Malaisie, seront analysées pour fournir des perspectives pratiques sur les défis et les succès

rencontrés. De plus, une exploration des références sur l'analyse coût-bénéfice, comme celle de Chen et al. (2016), contribuera à une évaluation économique approfondie des sites potentiels.

E- Aspects Environnementaux et Réglementations

Les considérations environnementales jouent un rôle croissant. En s'appuyant sur des références telles que l'étude de Gharehgozli et al. (2018) sur les facteurs de sélection environnementaux des entreprises manufacturières, nous examinerons comment intégrer efficacement ces aspects dans le processus de sélection. De plus, la conformité aux réglementations locales et internationales sera abordée, soulignant l'importance de rester informé des évolutions juridiques.

2. Infrastructures et installations de base :

Le développement d'infrastructures est essentiel pour le succès des parcs industriels.

Infrastructures et installations de base	
Routes Intérieures	<ul style="list-style-type: none"> - Réseau routier avec voies piétonnes pour l'accès et distribution. - Pistes cyclables, tramways électriques, partage de vélos pour réduire la dépendance aux véhicules à combustion.
Drainage de Surface	<ul style="list-style-type: none"> - Système de drainage sur toutes les routes. - Récupération des eaux de pluie par gravité. - Réservoirs pour stockage des eaux de pluie estivales.
Approvisionnement en Eau	<ul style="list-style-type: none"> - Eau potable et non potable avec réseaux de distribution distincts. - Puits, forages, réservoirs. - Stations de pompage et d'épuration. - Comptage intelligent de l'eau.
Assainissement	<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes de collecte et stockage des eaux usées (industrielles et ménagères). - Élimination des contaminants via traitement primaire. - Système d'eau traitée et recyclée. - Comptage intelligent des eaux usées.
Gestion des Déchets Solides	<ul style="list-style-type: none"> - Séparation des déchets avec bacs colorés. - Génération d'énergie par traitement des déchets.
Alimentation Électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentation continue avec sous-stations stratégiques. - Utilisation d'énergie renouvelable (panneaux solaires).

Éclairage Public	<ul style="list-style-type: none"> - Éclairage conventionnel ou solaire. - Systèmes intelligents à faible consommation.
Connectivité Informatique et Télécommunications	<ul style="list-style-type: none"> - Wi-Fi, Internet haut débit. - Infrastructure de données robuste. - Système de communication dans le parc.
Aménagement Paysager et Espaces Publics	<ul style="list-style-type: none"> - Massifs arborés, espaces verts. - Espaces ouverts variés (parcs, places publiques). - Biodiversité avec plantation de flore indigène.
Infrastructure de Soutien Industriel Spécialisé	<ul style="list-style-type: none"> - Coques d'usine durables. - Entrepôts et installations de stockage. - Services qualité, laboratoires. - Espaces de stationnement et station de pesage. - Bâtiment administratif, banques, bureau de poste, douane. - Centres de R&D, d'innovation et de formation. - Guichet unique, logistique et parking.
Sûreté et Sécurité	<ul style="list-style-type: none"> - Infrastructure de sécurité 24/7 avec éclairage et surveillance. - Centres d'intervention d'urgence, soins de santé. - Surveillance de la qualité de l'air, contrôles de vitesse.
Centre Social et Commercial	<ul style="list-style-type: none"> - Bâtiments pour shopping, restaurants, supermarchés. - Logements respectueux de l'environnement. - Garderies, auditoriums, salles de réunion. - Infrastructures hors site.

Tableau 13 : Les infrastructures et installations de base. Source : l'Auteur

3. Conception de Parcs Industriels Économes en Énergie et en Ressources

Les parcs industriels, en tant que catalyseurs de pratiques durables, nécessitent une gestion énergétique réfléchie et une intégration optimale des infrastructures partagées. La durabilité énergétique implique des choix architecturaux et techniques conscients, tels que des infrastructures à faible émission de carbone et la conception intelligente des bâtiments favorisant l'intégration des énergies renouvelables.

Des éléments clés incluent des ouvertures extérieures, des puits de lumière, des technologies de refroidissement/chauffage passif, des matériaux à indice de réflexion solaire élevé, la végétation

sur les toits, des éclairages économes en énergie, et l'utilisation d'énergies renouvelables intégrées.

La symbiose industrielle, devient cruciale pour une utilisation efficace des ressources. Les plans de zonage des parcs industriels devraient intégrer des initiatives telles que la gestion commune de l'eau, de l'énergie, et des ressources matérielles, la récupération de l'énergie et des matériaux, la valorisation des déchets, et l'utilisation d'énergies renouvelables.

La symbiose industrielle repose également sur la coopération entre différentes entreprises au sein des parcs industriels, favorisant la complémentarité et le partage des ressources pour une allocation plus efficace. Cette approche stimule les synergies entre les industries, optimise l'utilisation des ressources, favorise l'extension de la chaîne industrielle et encourage le développement de cycles, de symbioses et de couplages industriels.

Ce modèle de développement industriel symbiotique offre des leçons et des perspectives précieuses pour d'autres pays cherchant à concilier croissance économique et préservation de l'environnement dans leurs parcs industriels.

4. Construction Durable de Parcs Industriels

La construction d'un parc industriel nécessite une planification et une exécution soignées pour garantir une intégration harmonieuse dans son environnement. Le processus comprend le recrutement minutieux d'entrepreneurs, des travaux de terrassement, la création d'infrastructures routières, et l'installation de services essentiels tels que l'électricité, l'eau, le gaz, les télécommunications, et le traitement des déchets. Ces activités, si mal gérées, peuvent avoir des répercussions négatives sur l'environnement naturel, les écosystèmes, et les communautés avoisinantes.

Les stratégies de gestion de la construction visent à minimiser ces impacts négatifs. Cela commence par une évaluation approfondie des risques potentiels liés à la construction, suivie de l'élaboration d'un plan de gestion détaillé.

Ce plan doit être conforme au Règlement sur le contrôle du développement (RCD) de la juridiction concernée, définissant des règles pour un développement approprié et efficace du parc.

Des stratégies clés pour réduire les impacts de la construction comprennent :

- ***Aménagement Durable du Site*** : Contrôle de l'érosion, minimisation des perturbations de la couverture végétale.
- ***Transports Durables*** : Réseaux internes piétons, transports publics, réduction de la dépendance aux véhicules à combustion.
- ***Conservation de l'Eau*** : Collecte des eaux de pluie, aménagement paysager économe en eau, traitement et réutilisation des eaux usées.
- ***Efficacité Énergétique*** : Réduction des îlots de chaleur, promotion des énergies renouvelables, utilisation de sous-compteurs.
- ***Gestion Durable des Matériaux et des Ressources*** : Utilisation de matériaux locaux, respectueux de l'environnement, évitement de produits chimiques toxiques.
- ***Santé et Bien-Être*** : Installations de santé, conception inclusive pour personnes handicapées et âgées.
- ***Formation à l'Écologie et Consultations Publiques*** : Implication des communautés locales et des ONG pour sensibiliser et encourager des pratiques respectueuses de l'environnement.
- ***Gestion des Déchets*** : Technologies de minimisation des déchets, tri et gestion efficace des déchets.
- ***Évaluation des Risques*** : Identifier les impacts potentiels sur l'environnement et les communautés résultant de la construction.
- ***Plan de Gestion de la Construction*** : Développer un plan détaillé décrivant les mesures nécessaires pour atténuer et gérer les risques potentiels.
- ***Achat de Matériaux Durables*** : Opter pour des matériaux de construction durables, ayant le moins d'impact sur l'environnement tout en répondant aux spécifications techniques requises.
- ***Réutilisation et Recyclage*** : Maximiser les opportunités de réutilisation et de recyclage des déchets de construction, tant sur site qu'à l'extérieur.
- ***Efficacité Énergétique*** : Maximiser le potentiel d'économie d'énergie en utilisant des matériaux et des pratiques de construction économes en énergie.
- ***Suivi de la Mise en Œuvre*** : Assurer une mise en œuvre rigoureuse du plan de gestion de la construction, avec une surveillance continue.

En suivant ces stratégies, la construction du parc industriel peut être réalisée de manière responsable, respectueuse de l'environnement, et bénéfique pour les communautés locales.

Synthèse :

Il est évident que l'évolution des parcs industriels vers des modèles plus responsables et inclusifs est cruciale. Dans le cadre du Programme de développement durable à l'horizon 2030, ces initiatives s'inscrivent pleinement dans la vision d'une industrialisation contribuant à l'élimination de la pauvreté et à la promotion d'une croissance économique durable.

L'étude approfondie des parcs éco-industriels a mis en lumière leur rôle central dans la promotion de pratiques économiques, sociales et environnementales responsables. Ces espaces, en favorisant la symbiose industrielle et l'utilisation efficace des ressources, offrent des solutions novatrices pour relever les défis contemporains.

La sélection stratégique des emplacements pour les parcs industriels a été identifiée comme une étape cruciale pour leur succès à long terme. En s'appuyant sur des références bibliographiques solides, cette recherche a mis en évidence l'importance de considérations telles que la proximité des installations de transport, la viabilité du marché local, et les spécificités industrielles.

Par ailleurs, les infrastructures de base, comme détaillé dans le tableau, constituent le fondement même de parcs industriels durables. Ces éléments, qu'ils concernent la gestion de l'eau, la gestion des déchets, ou l'approvisionnement énergétique, sont essentiels pour créer un environnement propice à la croissance économique tout en minimisant l'impact environnemental.

La conception économe en énergie et en ressources des parcs industriels, associée à la symbiose industrielle, offre une perspective visionnaire pour l'avenir. En adoptant des pratiques favorisant l'intégration des énergies renouvelables et la coopération entre entreprises, ces parcs peuvent non seulement prospérer économiquement mais aussi contribuer à des modes de développement respectueux de l'environnement.

En outre, la construction durable des parcs industriels, telle que présentée dans les stratégies clés, offre une voie pour minimiser les impacts environnementaux tout en maximisant les avantages pour les communautés locales.

En résumé, en adoptant ces principes et en intégrant des pratiques innovantes, les parcs industriels peuvent devenir des moteurs du développement économique durable, créant des synergies positives entre l'industrie, l'économie locale et l'environnement. Ce mémoire aspire à

contribuer à la réflexion et à l'action pour des parcs industriels plus durables, alignés sur les objectifs globaux de développement durable.

2. Analyses des exemples :

1. Exemple national : BNP PARISBAS EL DJAZAIR (Dr. Mezouari Sandjakdine Fadila)

1.1 Présentation de la banque BNP PARISBAS EL-DJAZAIR

La BNP PARIS BAS EL DJAZAIR, une filiale à 100 % de BNP PARIS BAS, est un leader européen des services financiers. Sa création a suivi l'activation du bureau de représentation du groupe via la BNCIA (actuelle BNA) en 2000, et elle a été officiellement établie en 2002 avec l'ambition de développer un important réseau d'agences en Algérie (bnpparibas.dz).

En moins de 13 ans, BNP PARIS BAS EL DJAZAIR a émergé comme l'une des principales banques du secteur privé en Algérie. Grâce à ses succès, elle a étendu son influence avec l'ouverture de 71 agences, assurant ainsi une couverture progressive de l'ensemble du territoire national.

1.2 Fiches technique

- R+ 8 et 4 niveaux sous-sol
- Capacité d'accueil : 1200 personnes
- Surface: SHON 18000 m² SHOB 30000 m².
- Maître d'ouvrage BNP PARISBAS EL DJAZAIR.
- Architecte : ATSP - CHRISTIAN BONNAUD (France)

1.1. Assistance à la maîtrise d'ouvrage :

- HQE COTEBA.
- Bureau d'étude CEC.
- Bureau du contrôle et SPS: SOCOTEC
- Entreprise de réalisation : CFE
- Certification: NF HQE
- Année de certification: 2008

- Actualisation de la certification HQE de la banque BNP PARIBAS EL-DJAZAIR 2015.



Figure 67: Siège du groupe BNP Paribas Alger - Bab Ezzouar. Source : [pinterest.com](https://www.pinterest.com)

1.3 La Situation géographique

Le siège central de BNP PARIBAS ELDJAZAIR est établi dans un édifice tertiaire au cœur de la zone d'affaires de BAB EZZOUAR à Alger, sur la route menant à l'aéroport de HOUARI BOUMEDIEN. Cette zone se distingue par des particularités architecturales et urbaines, tant au niveau de la taille des constructions que de la nature des projets qui y sont implantés.

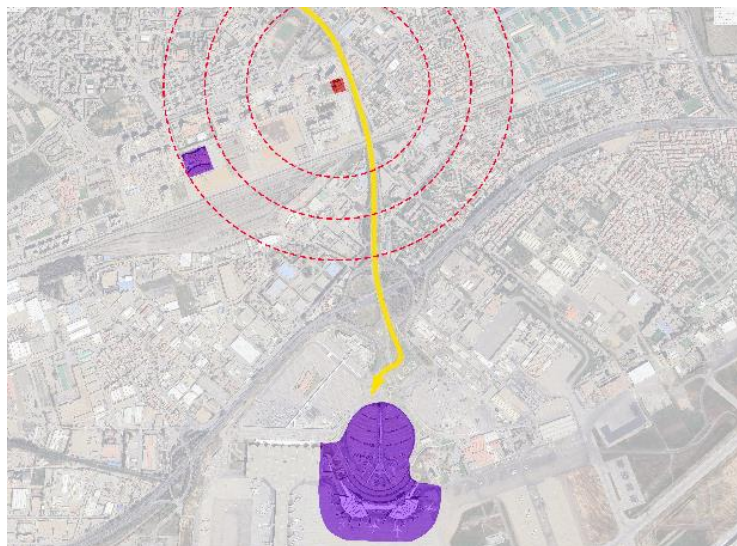


Figure 68: Emplacement du BNP. Source : Auteur

1.4 Le processus d'engagement de la démarche HQE au niveau du siège BNP PARIBAS EL-DJAZAIR

Le profil environnemental déterminé :

Le responsable de la banque BNP PARIBAS EL-DJAZAIR, en tant que maître d'ouvrage, a exposé un profil environnemental surpassant les exigences minimales de la démarche HQE. Cette performance a constitué le premier point fort relevé par l'organisme CERWEY. Voici le profil en question :

5 cibles très performant, 7 cibles performant, 2 cible base.

La répartition des niveaux par rapport aux différentes cibles :

Le responsable de la maîtrise d'ouvrage a détaillé une distribution équilibrée des niveaux de performance parmi les différentes cibles, visant à accroître l'efficacité de la démarche HQE mise en œuvre au siège.

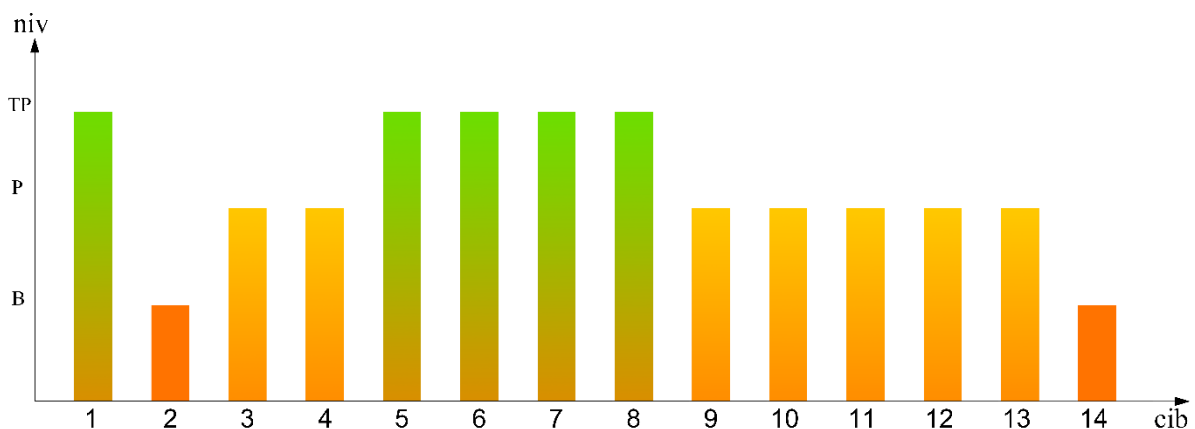


Figure 69: répartition des niveaux du BNP. Source : Auteur.

Les 14 cibles ont été concrétisés en prenant en compte des sous-cibles et des préoccupations liées à la démarche HQE, et ce, à des échelles allant de l'architecture et de l'urbanisme à la gestion et aux techniques de construction.

cibles	sous-cibles	préoccupations
éco-construction		
RELATION HARMONIEUSE DES D'AMBIANCE DES BÂTIMENTS AVEC L'ENVIRONNEMENT IMMÉDIAT.	Aménagement de la parcelle pour un développement urbain durable.	<ul style="list-style-type: none"> • Assurer la cohérence entre l'aménagement de la parcelle et la politique de la collectivité. • Optimiser les accès et gérer les flux.
	Aménagement de la parcelle et prise en compte de la biodiversité.	<ul style="list-style-type: none"> • Végétation des surfaces. • Intégration paysagère des équipements extérieurs.
	Qualité d'ambiance des espaces extérieurs pour les usagers.	<ul style="list-style-type: none"> • Créer une ambiance acoustique extérieure satisfaisante. • Créer une ambiance visuelle satisfaisante.
	Impacts du bâtiment sur les riverains.	<ul style="list-style-type: none"> • Assurer le droit au soleil et à la lumière naturelle aux riverains. • Assurer le droit au calme aux riverains. • Assurer le droit aux vues des riverains.
CHOIX INTEGRE DES PRODUITS, SYSTEMES ET PROCÉDES DE CONSTRUCTION.	Choix constructifs pour la durabilité et l'adaptabilité de l'ouvrage.	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir des produits, systèmes ou procédés dont Les caractéristiques sont vérifiées et compatibles avec l'usage. • Adapter les choix constructifs à la durée de vie de l'ouvrage.

	Choix constructifs pour la facilité d'accès lors de l'entretien et la maintenance de l'ouvrage.	<ul style="list-style-type: none"> • Assurer la facilité d'accès pour l'entretien du bâti. • Choisir des produits, systèmes et procédés de construction faciles à entretenir et limitant les impacts environnementaux de l'entretien.
	Choix des produits de construction afin de limiter les impacts environnementaux de l'ouvrage.	<ul style="list-style-type: none"> • Connaître les impacts environnementaux des équipements et des produits de construction. • Choisir les produits de construction pour limiter leur contribution aux impacts environnementaux de l'ouvrage.
	Choix des produits de construction afin de limiter les impacts sanitaires.	<ul style="list-style-type: none"> • Connaître l'impact sanitaire des produits de construction vis-à-vis de la qualité d'air intérieur. • Choisir les produits de construction pour limiter les impacts sanitaires de l'ouvrage. • Limiter la pollution par les éventuels traitements des bois.
CHANTIER A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL.	Optimisation de la gestion des déchets de chantier.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier et quantifier les déchets de chantier par typologies. • Réduire les déchets de chantier à la source. • Valoriser au mieux les déchets de chantier en adéquation avec les filières locales existantes et s'assurer de la destination des déchets.
	Limitation des nuisances et des pollutions sur le chantier.	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter les nuisances acoustiques. • Limiter les nuisances visuelles et optimiser la propreté du chantier. • Éviter la pollution des eaux et du sol. • Réduire les consommations d'énergie sur le chantier.

	Limitation des consommations de ressource sur le chantier.	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire les consommations d'eau sur le chantier. • Faciliter la réutilisation sur site des terres excavées.
--	--	--

éco-gestion

GESTION DE L'ENERGIE	Réduction de la demande énergétique par la conception architecturale.	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer l'aptitude du bâtiment à réduire ses besoins énergétiques, en été comme en hiver. • Améliorer la perméabilité à l'air de l'enveloppe.
	Réduction de la consommation d'énergie primaire.	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire la consommation d'énergie primaire due au chauffage, au refroidissement, à l'éclairage, à l'ECS, à la ventilation, et aux auxiliaires de fonctionnement (selon le type de bâtiment).
	Réduction des émissions de polluants dans l'atmosphère.	<ul style="list-style-type: none"> • Impact sur la couche d'ozone. • Quantités de déchets radioactifs générées par l'utilisation de l'électricité du réseau. • Quantités d'équivalent CO2 générées par l'utilisation de l'énergie.
	Conception de l'installation frigorifique.	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire la consommation d'énergie primaire des systèmes frigorifiques. • Choisir le fluide frigorigène pour limiter sa contribution aux impacts environnementaux.
GESTION DE L'ENERGIE	Réduction de la consommation d'eau potable.	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter les besoins en eau dans les sanitaires. • Limiter le recours à l'eau potable. • Connaître la consommation globale d'eau potable et non potable.

	Gestion des eaux pluviales à la parcelle.	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter l'imperméabilisation de la parcelle. • Stocker un volume d'eau pluviale suffisant pour gérer un épisode pluvieux exceptionnel et gérer les eaux pluviales de manière alternative.
	Gestion des eaux usées.	<ul style="list-style-type: none"> • Maîtriser les rejets d'eaux usées. • Recycler les eaux usées. • En réseau unitaire, limiter les rejets d'eaux pluviales au réseau.
GESTION DES DECHETS D'ACTIVITE	Optimisation de la valorisation des déchets d'activité.	<ul style="list-style-type: none"> • Préconiser ou choisir les filières d'enlèvement des déchets en privilégiant leur valorisation. • Favoriser la valorisation des déchets organiques. • Favoriser la réduction de l'encombrement des déchets d'activité.
	Qualité du système de gestion des déchets d'activité.	<ul style="list-style-type: none"> • Favoriser le tri des déchets à la source dans les locaux où des déchets sont produits. • Dimensionnement adéquat des locaux/zones déchets. • Garantir l'hygiène des locaux/zones déchets.
MAINTENANCE, PERENNITE DES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES	Conception de l'ouvrage pour un entretien et une maintenance simplifiés des systèmes.	<ul style="list-style-type: none"> • Concevoir l'ouvrage de façon à faciliter les interventions d'entretien /maintenance pendant son exploitation. • Vérifier la faisabilité des opérations de maintenance et des performances.
	Conception de l'ouvrage pour le suivi et le contrôle des consommations.	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre à disposition des moyens de comptage pour le suivi des consommations d'énergie. • Mettre à disposition des moyens de comptage pour le suivi des consommations d'eau.

	<p>Conception de l'ouvrage pour le suivi et le contrôle des conditions de confort et maintenance simplifiée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre à disposition les moyens pour le suivi des conditions de confort. • Mettre à disposition les moyens pour l'optimisation du fonctionnement des systèmes et la détection de défauts.
--	--	--

confort

<p>CONFORT HYGROTHERMIQUE</p>	<p>Dispositions architecturales visant à optimiser le confort hygrothermique, en hiver comme en été.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prendre en compte le potentiel climatique du site. • Améliorer l'aptitude du bâtiment à favoriser de bonnes conditions de confort hygrothermique. • Regrouper les locaux à besoin hygrothermique homogène.
	<p>Création de conditions de confort hygrothermique en hiver.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Définir/ obtenir un niveau adéquat de température dans les espaces. • Assurer la stabilité des températures en période d'occupation.
	<p>Création de conditions de confort hygrothermique d'été dans les locaux n'ayant pas recours à un système de refroidissement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Assurer un niveau minimal de confort thermique et protéger du soleil les baies vitrées. • Assurer une ventilation suffisante et maîtriser le débit d'air si le confort d'été est obtenu par l'ouverture des fenêtres ou des ouvrants.
	<p>Création de conditions de confort hygrothermique d'été dans les locaux ayant recours à un système de refroidissement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Assurer une vitesse d'air ne nuisant pas au confort . • Maîtriser les apports solaires et en particulier l'inconfort localisé dû au rayonnement chaud.
<p>CONFORT ACOUSTIQUE</p>	<p>Optimisation des dispositions architecturales pour la qualité acoustique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Optimiser la position des espaces sensibles et très sensibles par rapport aux nuisances intérieures.

		<ul style="list-style-type: none"> Optimiser la position des espaces sensibles et très sensibles par rapport aux nuisances extérieures.
	Création d'une qualité d'ambiance acoustique adaptée aux différents locaux.	<ul style="list-style-type: none"> Isolement des espaces vis-à-vis de l'extérieur. Niveau de bruit des équipements dans les espaces. Acoustique interne des espaces. Isolement au bruit aérien des espaces (réception) vis-à-vis des autres espaces d'activité << bureau >> (émission). Sonorité à la marche dans les espaces.
CONFORT VISUEL	Optimisation de l'éclairage naturel.	<ul style="list-style-type: none"> Disposer d'accès à la lumière du jour. Disposer d'accès à des vues sur l'extérieur. Disposer d'un éclairage minimal en lumière naturelle.
	Optimisation de l'éclairage artificiel.	<ul style="list-style-type: none"> Disposer d'un éclairage minimal en lumière artificielle. Assurer une bonne uniformité de l'éclairage artificiel. Éviter l'éblouissement direct ou indirect dû à l'éclairage artificiel et rechercher un équilibre des luminances. Assurer une qualité agréable de la lumière artificielle.
CONFORT OLFACTIF	Garantir une ventilation efficace.	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en œuvre un système de ventilation adapté. Assurer des débits d'air adaptés à l'activité des locaux (en présence de ventilation mécanique).
	Maîtriser les sources d'odeurs désagréables.	<ul style="list-style-type: none"> Identifier et réduire les effets des sources d'odeurs. Traiter les rejets malodorants pour éviter la diffusion des odeurs.

santé		
QUALITÉ SANITAIRE DES ESPACES	Limitation de l'exposition électromagnétique.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier les sources d'émissions électromagnétiques. • Limiter l'impact des sources d'émission électromagnétique.
	Création des conditions d'hygiène spécifique.	<ul style="list-style-type: none"> • Créer les conditions d'hygiène spécifiques hors locaux d'entretien. • Optimiser les conditions sanitaires des locaux d'entretien. • Choisir des matériaux limitant la croissance fongique et bactérienne.
QUALITÉ SANITAIRE DE l'air	Garantie d'une ventilation efficace.	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre un système de ventilation adapté. • Assurer des débits d'air adaptés à l'activité des locaux (en présence de ventilation mécanique).
	Maîtrise des sources de pollution de l'air intérieur.	<ul style="list-style-type: none"> • Identifier et réduire les effets des sources de pollution internes et externes. • Connaître l'impact sanitaire des produits de construction vis-à-vis de la qualité d'air intérieur.
QUALITE SANITAIRE DE L'EAU	Qualité de conception du réseau intérieur.	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir des matériaux conformes à la réglementation et compatibles avec la nature de l'eau distribuée. • Respecter les règles de mise en œuvre des canalisations et de mise en eau.
	Maîtrise de la température dans le réseau intérieur.	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en œuvre un(des) réseau(x) d'ECS pour s'assurer d'une température optimale. • Optimiser la conception du réseau d'ECS afin de limiter les risques de légionellose. • Maintenir et contrôler la température des réseaux d'ECS.

Tableau 14 : La matérialisation des cibles de la certification HQE pour la BNP PARIBAS.

Source : Mémoire Soutenu par Mr BAYA Souleymane en 2019. Modifié par : l'Auteur

2. Exemple International : Lycée professionnel Blanquefort

2.1 Présentation du Lycée professionnel Blanquefort

Le 4 septembre, le certificat "NF Bâtiments Tertiaires démarche HQE" pour la phase de réalisation a été remis au Lycée des Métiers de Blanquefort par Certivéa. En 2005, l'établissement avait déjà obtenu cette certification pour les phases de programmation et de conception (batiweb.com consulté en déc. 2023).

2.2 Fiches technique

- Maître d'ouvrage : Conseil Régional d'Aquitaine assisté de BMA
- Assistant à maîtrise d'ouvrage pour la démarche environnementale : IMBE, Dominique de Valicourt
- Architectes : Isabelle Colas BDM architectes : Bouey, Digneaux et Maurice
- Expert environnement : ADRET, Daniel Fauré
- Bureau d'études énergie : CAP INGELEC
- Type d'ouvrage : lycée (nouvelle construction + restructuration)
- Date d'achèvement : mars 2006
- Surface du terrain : 103 317 m²
- SHOB : 19901 m²
- SHON : 18623 m²
- Nombre d'utilisateurs : 1200 élèves
- Consommation annuelle d'énergie finale (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage) : 72 kWh/m²
- Consommation annuelle d'eau potable : 5,4 m³/élève
- Émissions annuelles de CO₂ : 8 kg/m²
- Coût d'investissement : 998 €/m² H.T.
- Certification : NF bâtiments tertiaires - Démarche HQE® pour les phases : programmation et conception.



Figure 70: Premier lycée français certifié NF Bâtiments tertiaires Démarche HQE® source :<https://www.lemoniteur.fr/article/premier-lycee-francais-certifie-nf-batiments-tertiaires-demarche-hqe.1916294>

2.3 Le processus d'engagement de la démarche HQE au niveau du Lycée professionnel Blanquefort

Le Lycée Professionnel de Blanquefort a atteint un niveau très performant sur 8 des objectifs du projet, et un niveau performant sur 4 autres. Il a démontré une gestion efficace sur le plan environnemental, couvrant les domaines de l'énergie, de l'eau, des déchets et de la maintenance.

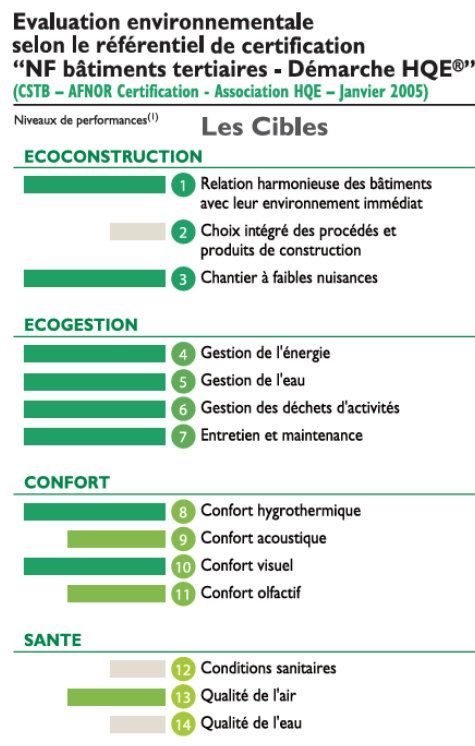


Figure 71: évaluation environnementale selon le référentiel de certification HQE. Source : BÂTIMENT ET DEMARCHE HQE

2.4 Application des conditions environnementale de la certification

Objectifs	ACTIONS
Management Environnemental	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'un Système de Management Environnemental complet sur toutes les phases du projet. Constitution d'un comité de pilotage et d'un groupe de concertation impliquant tous les acteurs concernés. Organisation d'ateliers thématiques et rédaction d'un "Cahier de conception environnementale" (recueil de fiches détaillées).
Intégration du projet dans son environnement immédiat et urbain	<ul style="list-style-type: none"> Rationalisation des accès et des modes de déplacement, circulation piétonnière sur le site, abris deux-roues totalisant 150 places. 70% de la surface de la parcelle est perméable ; fossé périphérique de rétention des eaux pluviales. Conservation des pins existants, choix d'une végétation rustique, toitures végétalisées. Intervention d'un paysagiste, amélioration de la valeur écologique du site, création d'un parc. Jardins d'eau et phyto-épuration des eaux de ruissellement.
Procédés et produits de construction	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse multicritère pour le choix des produits de construction, création/recueil de 70 fiches matériaux. Utilisation de la brique "monomur", bardage bois, double vitrage peu émissif, laine de verre confinée, linoléum.
Chantier à faibles nuisances	<ul style="list-style-type: none"> Signature d'une charte de chantier à faibles nuisances, information et sensibilisation des entreprises. Tri des déchets selon 8 catégories, traçabilité assurée par bordereaux de suivi. Deux fosses de décantation des laitances de béton.
Gestion de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> Consommation d'énergie primaire des différents bâtiments (coefficient C) : réduction de 10% à 26% par rapport à la valeur de référence RT2000. Ventilation mécanique double-flux avec récupération de chaleur, pour les locaux orientés au nord. Bonne conception architecturale évitant la climatisation. Chauffage et ECS : 55% gaz (chaudière haut rendement) et 45% bois. Energie solaire : 700 m² de vitrages, 120 m² de capteurs solaires (ECS + plancher chauffant dans le gymnase) et 140 m² de panneaux photovoltaïques. Taux de couverture des besoins totaux par les énergies renouvelables (solaire + bois) : 42%.
Gestion de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Equipements hydro-économes et la rétention des eaux pluviales (bassin de 800 m²) et récupération pour l'arrosage (2/3 des besoins) et l'alimentation des machines de certains ateliers.
Gestion des déchets d'activité	<ul style="list-style-type: none"> 3 déchetteries réparties sur le site (30 m², pour les déchets d'activités spécifiques et le compostage).
Environnement intérieur	<ul style="list-style-type: none"> Confort d'été amélioré grâce à des protections solaires et des vitrages solaires. Facteur de lumière du jour minimum de 2% dans toutes les classes, étagères à lumière, ateliers éclairés naturellement. Classes orientées au sud : sonde de qualité d'air intérieur signalant (par voyant lumineux) la nécessité d'ouvrir les fenêtres.
Suivi et maintien des performances environnementales	<ul style="list-style-type: none"> GTB (Gestion Technique du Bâtiment) : fonctions de contrôle/commande et suivi des consommations (énergie, eau) par logiciel "Ecoweb". Cahier de recommandations détaillées pour l'exploitation et la maintenance.

Tableau 15 : Application des conditions environnementale de la certification. Source : auteur basé sur les informations du Bâtiments et démarche HQE

3. Exemple éco parc industrielle : Parc Kalundborg, Danemark

3.1 Présentation générale :

- La situation : au Danemark, dans le port de Kalundborg, à une centaine de km au nord-ouest de Copenhague
- Nombre d'habitant : 20 000 habitants.
- Spécificité : La ville de Kalundborg fut l'une de toutes premières tentatives d'écologie industrielle, elle est aujourd'hui devenue une référence mondiale.
- Le concept : repose donc sur la gestion raisonnée des matières premières et des déchets.
- La création : de véritable éco système industrielle ou chaque. Entreprise se nourrit des rejets des autres.



Figure 72: Kalundborg, modèle d'écologie industrielle. Source : <https://www.demainlaville.com>

3.2 Fonctionnement de l'écosystème

Kalundborg doit sa prospérité principalement à son fjord, l'un des principaux ports accessibles durant l'hiver à cette latitude dans l'hémisphère Nord. C'est précisément l'accessibilité de ce port tout au long de l'année qui est à l'origine du développement industriel de Kalundborg à partir des années cinquante, débutant par l'installation d'une centrale électrique et d'une raffinerie de pétrole. La symbiose de Kalundborg implique cinq partenaires principaux, distants les uns des autres de quelques centaines de mètres seulement (Christensen 2006). La figure montre les principaux échanges effectués entre ces partenaires

- Asnaesvaerket, la plus grande centrale électrique du Danemark, d'une capacité de 1500 MW, alimentée au mazout puis au charbon (après le premier choc pétrolier).
- Statoil, la plus grande raffinerie de pétrole du Danemark, avec une capacité supérieure à trois millions de tonnes de pétrole par an.

- Novo Nordisk, la grande société danoise de biotechnologies, l'un des principaux producteurs mondiaux d'enzymes industriels et d'insuline.
- Gyproc, société suédoise dont l'usine de Kalundborg produit des panneaux de construction en gypse (14 millions de m² par an).
- Enfin, la municipalité de Kalundborg, qui utilise la vapeur vendue par la centrale électrique pour le chauffage à distance de toute la ville.

La symbiose industrielle à Kalundborg

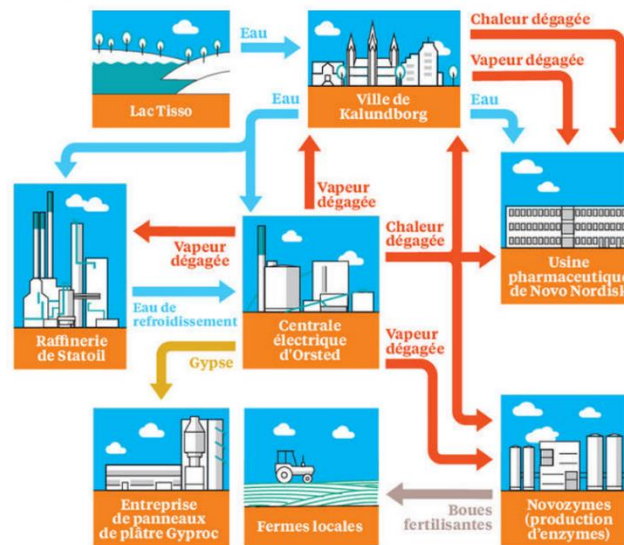


Figure 73: La symbiose industrielle de Kalundborg.

Source : https://www.researchgate.net/figure/Representation-de-la-symbiose-industrielle-de-Kalundborg_fig1_361972484

L'eau, sous forme de liquide ou de vapeur, constitue le « déchet » valorisé de la manière la plus systématique. Elle provient soit directement du lac Tissø, distant d'une quinzaine de kilomètres, soit du réseau de la municipalité de Kalundborg. La raffinerie Statoil fournit de l'eau usée pour refroidir la centrale électrique Asnaesvaerket. Cette dernière vend de la vapeur à la raffinerie Statoil, ainsi qu'à Novo Nordisk (pour ses tours de fermentation). La centrale électrique fournit également de la vapeur à Gyproc et à la municipalité de Kalundborg pour son réseau de chauffage urbain à distance. Elle approvisionne même en eau chaude une ferme d'aquaculture.

3.3 Présentation des concepts environnementaux :

Pour mieux expliquer le point précédent, on peut dire que cette opération repose sur divers concepts environnementaux couvrant plusieurs aspects tels que la gestion de l'eau, de l'énergie, des déchets, et leur traitement.

Gestion de l'eau

La gestion de l'eau à la centrale thermique de Kalundborg repose sur trois sources locales :

- Directement du lac Tisso, situé à une quinzaine de kilomètres.
- Du réseau de la municipalité de Kalundborg.
- De la raffinerie Statoil, qui fournit de l'eau usée pour refroidir la centrale électrique.

Gestion de l'énergie

Le fonctionnement de la symbiose de Kalundborg repose principalement sur la valorisation de l'excédent de chaleur de la centrale thermique Asnaesvareket. Les centrales thermiques jouent un rôle clé dans cette symbiose industrielle, permettant le développement de complexes éco-industriels, en particulier autour du charbon et de la quantité importante d'énergie gaspillée sous forme de chaleur.

Gestion des déchets

La centrale Asnaesvareket fournit de la vapeur à Novo Nordisk, à Statoil Raffinerie, et à la municipalité de Kalundborg. Elle fournit également du gypse à Gyproc (utilisant 100 000 tonnes comme matière première), des cendres aux cimentiers, et de l'eau chaude à une ferme d'aquaculture qui élève des turbots.

Traitement des déchets

Le traitement des déchets s'opère à travers la valorisation de nombreux flux, englobant des volumes souvent importants tels que vapeur, chaleur, eau, eau usée, gaz, gypse, cendres, engrais, huiles, déchets divers, procurant des avantages environnementaux significatifs.

Exemples de réutilisation/recyclage de produits et sous-produits :

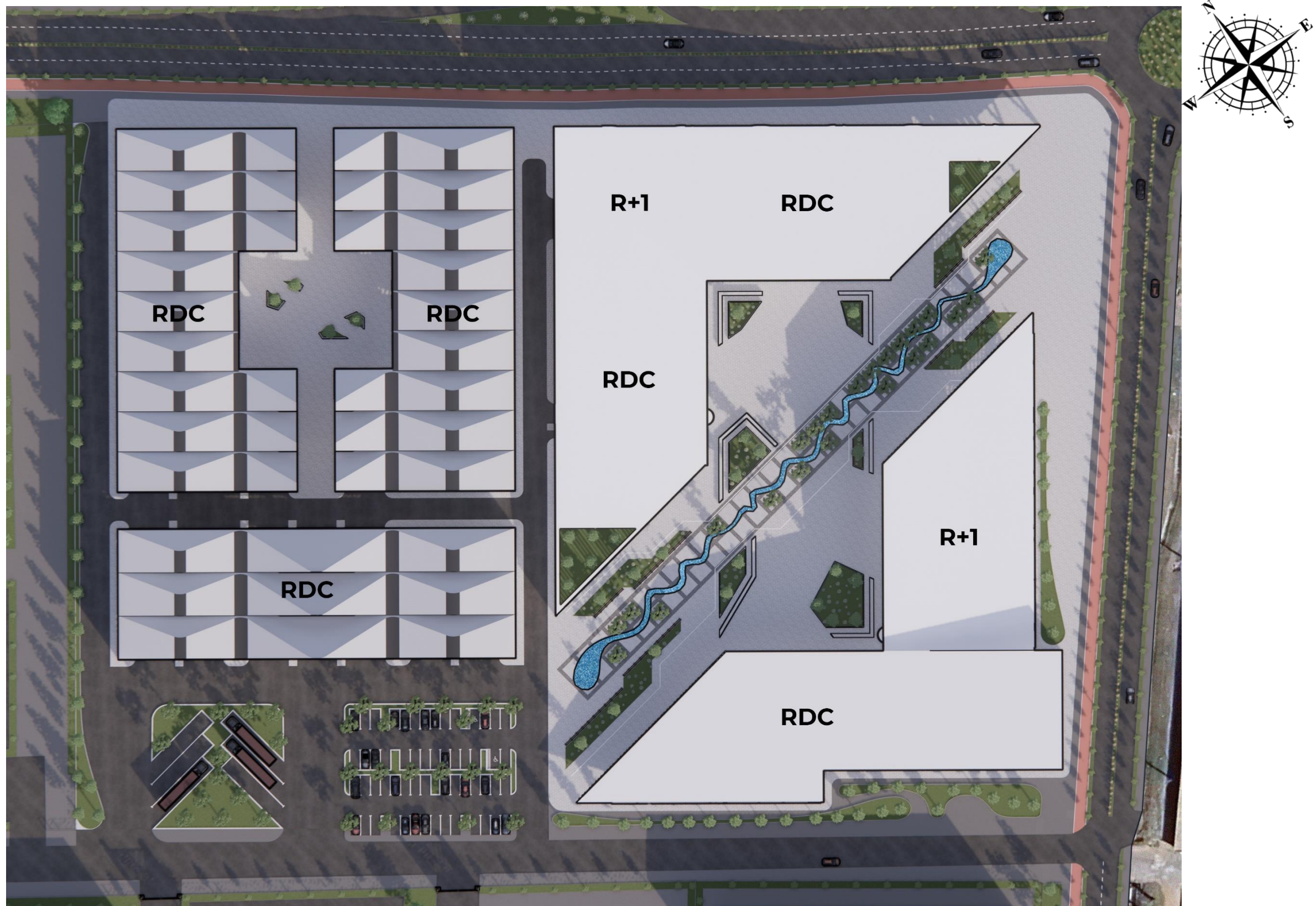
- 80 000 tonnes par an de cendres.
- 200 000 tonnes par an de gypse.
- 13 000 tonnes par an de cartons et journaux.
- 4000 tonnes par an de ferraille.
- 1800 tonnes par an de verre, etc.

Cette démarche contribue à la réduction de la consommation de ressources telles que l'eau, le charbon, le pétrole, le gypse, les engrais, etc. Ces efforts contribuent également à la réduction de la pression environnementale, engendrant une diminution des émissions de CO₂ et des rejets dans les cours d'eau.

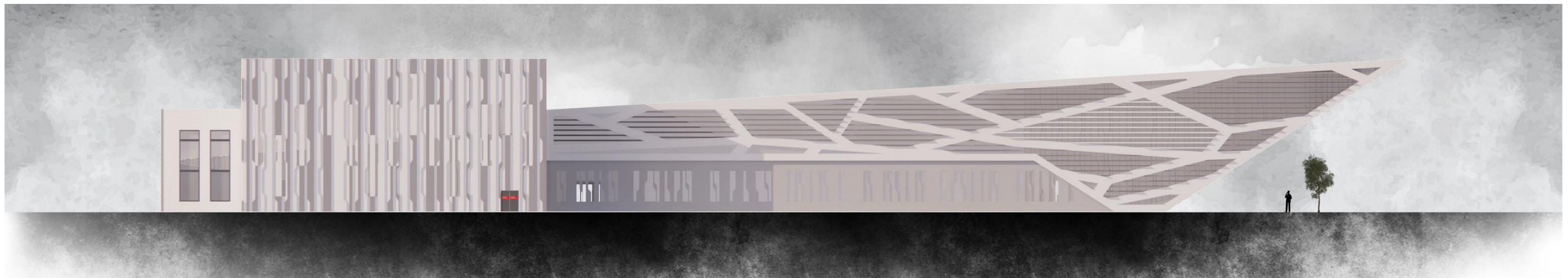
3.Projet Architecturale

3.1. Dossier graphique

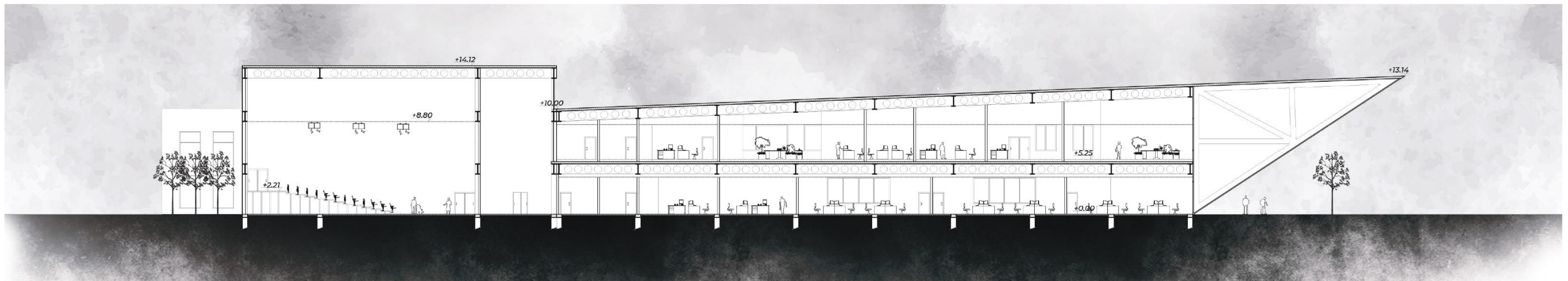
3.1.1. Plan de masse



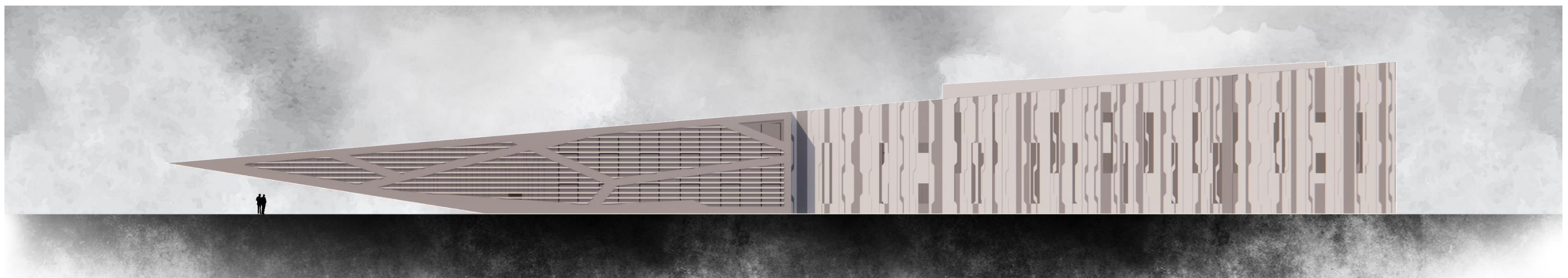
3.1.2. Bloc administratif



Façade Sud-est



Coupe A-A



Façade Sud-ouest

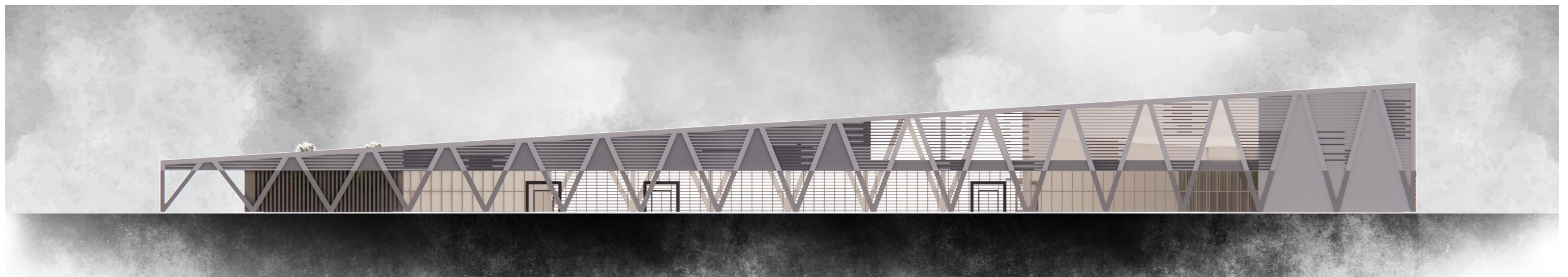
3.1.3. Bloc Commercial



Façade Sud-ouest



Coupe A-A

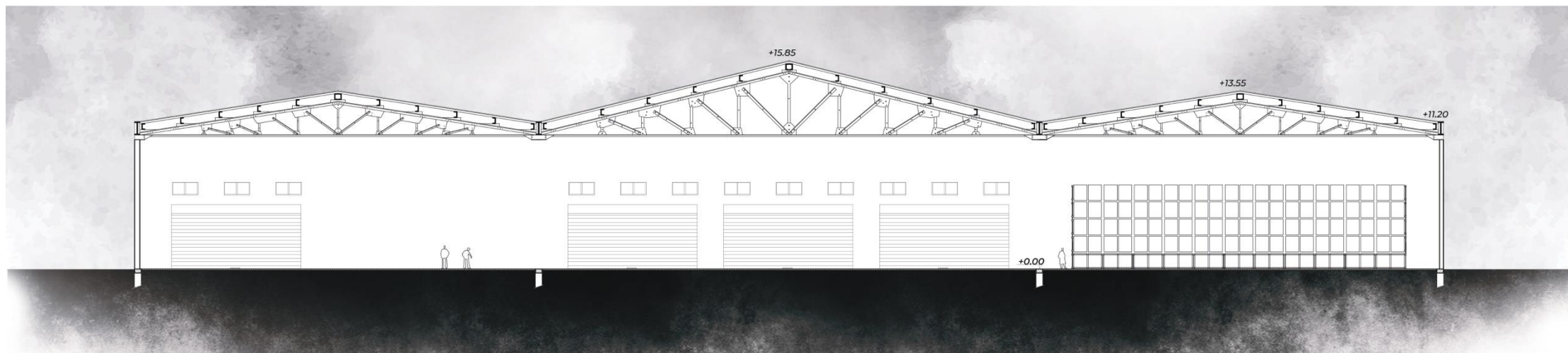


Façade Nord-est

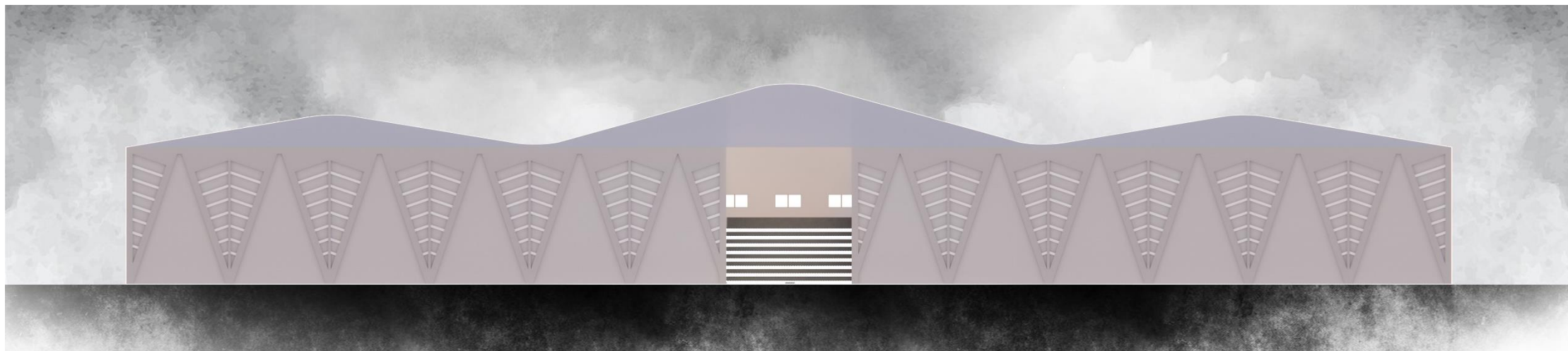
3.1.4. Hangars Industriel



Façade Sud-ouest



Coupe A-A



Façade Nord-est