

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Populaire et Démocratique

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à Université 8 Mai 1945 de Guelma Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture Spécialité : Architecture

Option : Architecture, Environnement et Technologie

Présenté par : Traikia Abderrezzaq

**Thème : l'intégration de l'architecture solaire
pour un développement durable (conception
d'un centre de recherche des énergies
renouvelables)**

Sous la direction du : Dr. BENSEHLA Sofiane

Juin 2025

REMERCIEMENT :

Mes remerciements vont tout d'abord à Allah, Le Tout-Puissant, pour la volonté, la santé et la patience qu'Il m'a accordées tout au long de ces années d'études, et grâce auxquelles j'ai pu atteindre ce stade de mon parcours et mener à bien ce travail, aussi modeste soit-il.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude à Dr BENSEHLA Sofiane, mon encadrant, pour son accompagnement précieux tout au long de ce travail. Sa rigueur scientifique, sa bienveillance, sa disponibilité et la confiance qu'il m'a accordée ont été des piliers essentiels dans la réalisation de ce mémoire. Ses conseils éclairés et son soutien constant m'ont permis de progresser à chaque étape avec assurance. Je lui suis sincèrement reconnaissant.

Mes remerciements vont également à l'ensemble de mes enseignants, pour la qualité de leur enseignement, leur engagement et leur dévouement. Ils ont su, au fil des années, éveiller en moi l'esprit critique, la passion pour l'architecture et le goût de la recherche. Leur accompagnement m'a permis de me construire sur des bases solides, tant académiques qu'humaines.

J'adresse aussi mes sincères remerciements aux membres du jury, pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de lire, d'évaluer et de commenter ce travail. Leur regard, leur expertise et leurs remarques seront pour moi d'une grande valeur.

Je ne saurais oublier les membres du département d'architecture de Guelma, enseignants, personnel administratif et technique, pour leur aide, leur accueil, et leur disponibilité tout au long de ces cinq années. Leur accompagnement a largement contribué à rendre ce parcours plus fluide et enrichissant.

Je remercie aussi mes amis et camarades de promotion, pour les moments partagés, les échanges constructifs, l'entraide et la bonne humeur qui ont rendu ce parcours plus humain et plus chaleureux.

Enfin, merci du fond du cœur à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Chacun de vous y a laissé une empreinte, et je vous en suis infiniment reconnaissant.

DÉDICACE :

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à :

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère,

À l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Abdelhamid.

À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'as jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère Soltani Zahra.

À mon grand frère Islam que dieu le protège et lui offre la chance et le bonheur.

À mes chères sœurs : Meryem et Soundes et Chahed qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études.

à mes neveux Sadjed et Wassim

À mes meilleurs amis, Amir, Houssam, Yacine et Chems eddine pour leurs encouragements

À mes meilleurs amis, Abderrezak, Abdeldjalil qui ont été à mes côtés tout au long de ces années, et avec qui j'ai partagé des moments inoubliables.

À tous les amies et les voisins que j'ai connus.

Résumé :

Face aux défis environnementaux de notre époque, il devient urgent de repenser notre manière de produire et de consommer l'énergie. Les énergies renouvelables ne sont plus seulement une alternative : elles sont au cœur de la solution. Mais pour qu'elles tiennent pleinement leur promesse, la recherche scientifique doit jouer un rôle moteur.

C'est dans cette optique qu'est né le projet de création d'un centre de recherche dédié aux énergies renouvelables. Ce centre ne sera pas seulement un lieu d'expérimentation technologique, mais un espace vivant où chercheurs, ingénieurs, étudiants et innovateurs travailleront main dans la main pour imaginer l'énergie de demain.

Dès sa conception, une attention particulière a été portée à l'impact environnemental du projet. L'architecture du centre a été pensée pour être économe, intelligente et harmonieuse avec son environnement : utilisation de matériaux durables, conception bioclimatique, intégration de panneaux solaires et d'éoliennes, récupération des eaux de pluie, gestion efficace des déchets... Chaque détail a été réfléchi pour faire de ce lieu un exemple concret de ce qu'est une infrastructure durable.

Son intégration dans le campus lui confère un rôle pédagogique essentiel. Il offre aux étudiants un environnement d'apprentissage réel, où la théorie rencontre la pratique. Il favorise également les projets interdisciplinaires, les stages, et la collaboration entre l'université, les acteurs industriels et les institutions engagées dans la transition énergétique.

Mais au-delà des chiffres et des technologies, ce centre a une mission plus profonde : rassembler des esprits curieux, passionnés et engagés autour d'un même objectif — construire un avenir énergétique plus propre, plus juste, plus humain.

Mots clés: Énergies renouvelables, Recherche scientifique, architecture écologique, énergie solaire, panneaux solaires.

ملخص

في مواجهة التحديات البيئية التي يشهدها عصرنا، أصبح من الضروري والملح أن نُعيد التفكير في طريقة إنتاجنا واستهلاكنا للطاقة. لم تعد الطاقات المتجددة مجرد بديل، بل أصبحت في صميم الحل. ولكن لكي تبقى هذه الطاقات بوعدها الكامل، لا بد أن تلعب البحث العلمي دورًا محوريًا

لن يكون هذا المركز مجرد من هذا المنطلق، وُلد مشروع إنشاء مركز بحثي مخصص للطاقات المتجددة فضاء للتجارب التكنولوجية، بل بيئة حية يتعاون فيها الباحثون والمهندسون والطلبة والمبتكرون جنبًا إلى جنب، لتخيل طاقة المستقبل

ومنذ المراحل الأولى، تم إيلاء اهتمام كبير للأثر البيئي لهذا المشروع. فقد صُمم المبنى ليكون اقتصاديًا في استهلاكه للطاقة، ذكيًا في تشغيله، ومنسجمًا مع محيطه البيئي: استخدام مواد مستدامة، تصميم بيوكليماوي (بيئي مناخي)، تركيب ألواح شمسية... لقد تم التفكير في كل تفصيل ليكون هذا المركز نموذجًا حقيقيًا للبنية التحتية المستدامة

وإدماجه داخل الحرم الجامعي يمنحه بُعدًا تربويًا مهمًا، حيث يوفر للطلبة بيئة تعليمية واقعية تلتقي فيها النظرية بالتطبيق. كما يشجع على المشاريع متعددة التخصصات، والتدريب العملي، والتعاون بين الجامعة والفاعلين الصناعيين والمؤسسات المهمة بالانتقال الطاقوي

لكن ما يتجاوز الأرقام والتقنيات، هو المهمة الأعمق لهذا المركز: جمع العقول الفضولية، الشغوفة، والمتحمسة حول هدف مشترك — بناء مستقبل طاقوي أنظف، أكثر عدلًا، وأكثر إنسانية

الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة، البحث العلمي، العمارة البيئية، الطاقة الشمسية، الألواح الشمسية.

Abstract :

In the face of today's environmental challenges, it has become urgent to rethink the way we produce and consume energy. Renewable energy is no longer just an alternative — it lies at the heart of the solution. But for it to fully deliver on its promise, scientific research must play a leading role.

It is with this vision in mind that the project to create a research center dedicated to renewable energy was born. This center will not only be a place for technological experimentation but also a dynamic space where researchers, engineers, students, and innovators work hand in hand to design the energy of tomorrow.

From the very beginning, special attention was given to the project's environmental impact. The architecture of the center was designed to be efficient, smart, and in harmony with its surroundings: use of sustainable materials, bioclimatic design, integration of solar panels and wind turbines, rainwater harvesting, and efficient waste management... Every detail has been carefully considered to make this facility a concrete example of sustainable infrastructure.

Its location within the university campus gives it an essential educational role. It offers students a real-world learning environment where theory meets practice. It also promotes interdisciplinary projects, internships, and collaboration between the university, industry stakeholders, and institutions committed to the energy transition.

But beyond numbers and technologies, this center carries a deeper mission: to bring together curious, passionate, and committed minds around a common goal building a cleaner, fairer, and more human energy future.

Key words : Renewable energies, Scientific research, Ecological architecture, Solar energy, Solar panels.

Sommaire :

Contenu :

I Introduction générale	1
I.1 Introduction :	1
I.2 Problématique :	1
I.3 Hypothèse :	2
I.4 Objectifs :	2
I.5 Structure de mémoire :	3
II Chapitre 1 : la recherche scientifique des énergies renouvelable	4
II.1 Introduction :	4
II.2 La recherche scientifique :	4
II.2.1 La définition de la recherche scientifique :	4
II.2.2 Les différents types de la recherche scientifique :	4
II.2.3 Les étapes de la recherche scientifique :	6
II.2.4 Les enjeux et les défis de la recherche scientifique :	9
II.3 L'énergie renouvelable :	10
II.3.1 Définition de l'énergie renouvelable	10
II.3.2 Les caractéristiques des énergies renouvelables :	10
II.3.3 Les différents types des énergies renouvelables :	11
Comment l'énergie solaire est-elle produite ?	14
La production d'électricité	14
La production de chaleur	14
Pourquoi utiliser l'énergie solaire ? Les différents usages possibles :	14
S'éclairer gratuitement :	15
Chauffer son eau et son intérieur :	15
Produire de l'électricité verte :	15
II.3.4 Conclusion :	15
III Chapitre 2 : la conception solaire hybride	16
III.1 Définition de la conception architecturale :	16
III.2 La conception architecturale solaire :	16
- Les avantages du solaire passif :	18
- Les inconvénients du solaire passif :	18
- Les différents systèmes de solaire passif :	19
L'Ombrage :	19
- Masse thermique :	20
III.2.1 Conclusion :	26
IV Chapitre 3 : l'analyse des exemples :	27
IV.1 Introduction	27
IV.2 Exemple1: biosciences Research building (BRB):	28

IV.2.1	Présentation du projet :	28
IV.2.2	Situation :	28
IV.2.3	Analyse des plans :	30
IV.2.4	Analyse des façades :	31
IV.3	Exemple 2: Centre de recherche Sahnri	35
IV.3.1	1 Présentation :	35
IV.3.2	Situation géographique :	35
IV.3.3	processus de conception :	36
IV.3.4	Volumétrie:	37
IV.3.5	Analyse des plans :	37
IV.3.6	Analyse des façades :	39
IV.3.7	Approche écologique :	41
IV.3.8	Synthèse.....	41
IV.4	Exemple 3: Chu Hall - Centre de Recherche sur l'Énergie Solaire.....	42
IV.4.1	Présentation :	42
IV.4.2	Situation géographique.....	42
IV.4.3	volumétrie.....	43
IV.4.4	Analyse des plans :	44
IV.4.5	Analyse des façades :	45
IV.4.6	Approche écologique :	46
IV.4.7	Synthèse:.....	47
IV.5	Exemple 4 : Centre de recherche Calla Lilly de L'université de Wuhan	47
IV.5.1	Présentation du projet :	47
IV.5.2	Situation.....	48
IV.5.3	Plan de masse.....	48
IV.5.4	Volume :	49
IV.5.5	Analyse des plans :	49
IV.5.6	Analyse de Façade :	50
IV.5.7	stratégie bioclimatique :	51
IV.6	conclusion :	51
IV.7	Le programme retenue :	52
V	CHAPITRE 4 : Analyse de site.....	55
V.1	Introduction :	55
V.2	Motivation du choix:.....	55
V.3	Présentation du site.....	55
V.4	Le terrain choisi.....	56
V.5	Aperçu historique :	57
V.6	Le climat :	57
V.7	Analyse du terrain.....	58
V.7.1	La situation:	58

V.7.2 Analyse physique.....	58
VI Chapitre 5 : Elaboration du projet.....	63
VI.1 Introduction :	63
VI.2 Les démarches de la réalisation du centre de recherche a Guelma.....	63
VI.2.1 Démarche conceptuelle :	63
VI.2.2 Genèse de projet :	63
VI.3 Schéma de principe :	67
VI.4 Conclusion :	72
VII Conclusion générale :	72
VIII Bibliographie :	74

Liste des figures :

Figure 1:La recherche scientifique	4
Figure 2: les étapes de recherche scientifique	9
Figure 3: les énergies renouvelables	10
Figure 4:Le bois est la principale source de bioénergie.	11
Figure 5:cycle de l'hydrogène.	12
Figure 6: l'énergie hydraulique, comment ça marche ?	13
Figure 7: l'énergie solaire	13
Figure 8: norman fooster et leurs projets	17
Figure 9: l'énergie solaire passif	18
Figure 10: l'ombrage	19
Figure 11: l'orientation du batiment	20
Figure 12: la masse thermique.....	20
Figure 13: ventilation naturelle.....	21
Figure 14: les différents types de vitrage	22
Figure 15: les panneaux solaires thermiques.....	23
Figure 16: fonctionnement d'une centrale solaire thermodynamique	24
Figure 17: technologies solaire photovoltaïque	24
Figure 18: BIPV	25
Figure 19:la carte géographique selon le climat	27
Figure 20:biosciences research building(BRB)	28
Figure 21: plan de situation du projet BRB.....	29
Figure 22:plan du projet BRB	30
Figure 23: plan du projet BRB	30
Figure 24: façade du projet BRB	32
Figure 25: façade du projet BRB	32
Figure 26: façade du projet BRB	32
Figure 27: façade du projet BRB	33
Figure 28: coupe du projet BRB	34
Figure 29:les ouvertures dans la façade du projet BRB	34
Figure 30:projet sahmri	35
Figure 31: situation du projet sahmri	36
Figure 32: volume du projet sahmri	37
Figure 33: coupe du projet sahmri	37

Figure 34: plan du projet sahmri.....	38
Figure 35: plan du projet sahmri.....	38
Figure 36: plan du projet sahmri.....	38
Figure 37: façade du projet sahmri	39
Figure 38: façade du projet sahmri	40
Figure 39: façade du projet sahmri	40
Figure 40: les éléments perforé sur la façade du projet sahmri	41
Figure 41: projet CHU HALL- centre de recherche sur l'énergie solaire.....	42
Figure 42: situation du projet CHU HALL	43
Figure 43: projet CHU HALL	44
Figure 44: plan du projet CHU HALL	44
Figure 45: plan du projet CHU HALL	45
Figure 46: façade du projet CHU HALL	45
Figure 47: façade du projet CHU HALL	46
Figure 48: façade et coupe du projet CHU HALL.....	46
Figure 49:centre de recherche Wuhan.....	47
Figure 50:centre de recherche Wuhan.....	48
Figure 51:plan de situation	48
Figure 52: plan de masse.....	49
Figure 53:souce d'inspiration	49
Figure 54:volumétrie du centre.....	49
Figure 55:plan du centre de recherche Wuhan	50
Figure 56: façade du centre wuhan	51
Figure 57: carte de la wilaya de Guelma	56
Figure 58: carte de la wilaya de Guelma	56
Figure 59: le terrain choisi	57
Figure 60: carte de la wilaya de Guelma	57
Figure 61: Repères archéologiques de Guelma	57
Figure 62: graphique représente les données climatiques mensuelles de Guelma.....	57
Figure 63: situation du projet	58
Figure 64: situation du projet	58
Figure 65: coupe topographique A-A.....	59
Figure 66: les coupes topographique du terrain.....	59
Figure 67: coupe topographique B-B.....	59
Figure 68: topographie du projet	60
Figure 69: climatologie du projet	60
Figure 70: image représente le flux	61
Figure 71: image représente les hauteurs des constructionsr	62
Figure 72:Intervention conceptuelle préliminaire du projet.	64
Figure 73:Détermination des entités du projet sur le terrain.	65
Figure 74: plan de masse du projet	67
Figure 75. Présentation du modél d'etude sur le logiciel Citysim pro.....	68
Figure 76:Les irradiations solaires annuelle.	70
Figure 77. La production photovoltaïque annuelle.	71
Figure 78:Histogramme des données énergétiques du projet.	72

liste des tableaux :

Tableau 1:les différents types de vitrages.....	22
---	----

Tableau 2: fiche technique du projet	47
Tableau 3: plan du centre de recherche.....	50
Tableau 4: Les caractéristiques des module PV utilisés dans la simulation.	70
Tableau 5: Données énergétiques du bâtiment	71

I Introduction générale

I.1 Introduction :

La consommation d'énergie est une préoccupation mondiale, notamment en raison de l'épuisement des ressources fossiles et de leurs impacts environnementaux.

Les énergies renouvelables, comme l'énergie solaire, sont essentielles pour répondre aux besoins énergétiques croissants.¹

La recherche scientifique sur les énergies renouvelables vise à améliorer ces technologies, optimiser la production et le stockage, et minimiser l'impact environnemental pour un avenir énergétique durable.

L'architecture solaire performante joue un rôle clé dans cette transition en optimisant l'efficacité énergétique et en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. L'intégration de l'énergie solaire dans la conception architecturale favorise une meilleure harmonie entre l'homme, l'environnement et le climat. Ainsi, l'architecte a un rôle central dans la promotion d'une architecture écologique et durable.²

L'énergie solaire, une source verte inépuisable, est convertie en électricité grâce aux cellules photovoltaïques exploitant l'effet photovoltaïque. De plus en plus utilisée dans les bâtiments résidentiels, commerciaux et recherches elle offre de nombreux avantages, dont une mise en œuvre facile, une longue durée de vie et une réduction de l'empreinte écologique.

I.2 Problématique :

Les émissions de gaz à effet de serre (GES), résultant principalement des activités humaines, sont l'une des principales causes du dérèglement climatique mondial. Ce phénomène entraîne des conséquences environnementales majeures, telles que l'augmentation des températures, la modification des régimes de précipitations et la multiplication des événements climatiques extrêmes. Face à cette réalité, le secteur du bâtiment apparaît à la fois comme un facteur clé des émissions de GES et un acteur stratégique de la transition écologique. En effet, ce secteur représente 38 % des émissions mondiales (ONU) et 41 % de la consommation énergétique en Algérie (CDER).

¹ Philippe Louineau, *Énergie solaire et architecture*, ed. Éditions Eyrolles (2010).

² "Renewables 2023 Global Status Report," 2023, <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>.

Son impact est d'autant plus critique qu'il influence non seulement la demande en énergie, mais aussi la qualité de l'environnement urbain.

Dans cette optique, la durabilité du bâti devient une nécessité. Un bâtiment durable doit non seulement limiter son empreinte carbone, mais aussi contribuer à l'amélioration de son environnement immédiat. Parmi les stratégies d'optimisation énergétique, l'architecture solaire passive et active joue un rôle essentiel. Elle permet de réduire la consommation énergétique, d'améliorer le confort thermique des usagers et de favoriser l'utilisation des énergies renouvelables. En intégrant ces principes dès la phase de conception, il devient possible de transformer le secteur du bâtiment en un levier de développement durable.

L'Algérie, consciente des enjeux environnementaux, s'est engagée dans la transition énergétique à travers plusieurs accords internationaux, notamment la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 1993 et le Protocole de Kyoto en 2005. Dans ce cadre, le pays vise à promouvoir la construction de bâtiments durables dans ses villes, en encourageant l'intégration des énergies renouvelables et en développant des stratégies d'efficacité énergétique adaptées à son contexte climatique.

Cependant, certaines villes comme Guelma souffrent encore d'un manque significatif de bâtiments durables, notamment en ce qui concerne les centres de recherche en énergies renouvelables. Pourtant, ces infrastructures sont essentielles pour expérimenter et diffuser des solutions énergétiques innovantes adaptées aux défis climatiques locaux. Ce constat soulève alors une question centrale :

Comment l'intégration de l'architecture solaire passive et active dans la conception des centres de recherche en énergies renouvelables peut-elle contribuer à la promotion du développement durable ?

I.3 Hypothèse :

L'énergie solaire est un élément clé dans la conception architecturale, favorisant une production durable et performante des bâtiments.

I.4 Objectifs :

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'intégration de l'énergie solaire dans la conception d'un centre de recherches sur les énergies renouvelables, avec objectif de minimiser la consommation énergétique grâce à l'exploitation des ressources renouvelables.

Les objectifs de ce travail sont :

- Valoriser l'énergie solaire comme une solution stratégique pour développer une architecture innovante et durable, adaptée à son environnement.
- Mettre en évidence l'importance de l'intégration des énergies renouvelables afin d'inscrire le projet architectural dans une démarche écologique et durable à Guelma.
- Encourager une dynamique scientifique et technologique, renforçant l'attractivité de la ville de Guelma en tant que pôle de recherche et d'innovation dans le domaine des énergies renouvelables.

I.5 Structure de mémoire :

Ce mémoire est structuré en cinq parties, débutant par une introduction générale comprenant une introduction préliminaire, la problématique, les hypothèses et les objectifs. Ensuite, on trouve quatre chapitres, commençant par deux chapitres théorique, suivie par l'analyse des exemples. Après cette analyse, on trouve l'analyse contextuelle du terrain choisi pour le projet, et enfin, le cinquième chapitre concerne l'élaboration du projet, accompagné d'une conclusion générale.

II Chapitre 1 : la recherche scientifique des énergies renouvelable

II.1 Introduction :

La recherche scientifique est un pilier essentiel du progrès humain. Elle permet d'explorer, de comprendre et d'expliquer les phénomènes naturels, sociaux ou technologiques à travers une démarche méthodique et rigoureuse. Qu'elle soit fondamentale ou appliquée, elle joue un rôle central dans le développement des sociétés modernes, en apportant des réponses aux grands défis contemporains. Ce chapitre propose d'analyser les fondements, les types, les étapes et les enjeux majeurs de la recherche scientifique.

II.2 La recherche scientifique :

II.2.1 La définition de la recherche scientifique :

La recherche scientifique est une démarche méthodique et structurée qui permet d'analyser des phénomènes, de résoudre des problématiques et d'obtenir des réponses précises grâce à des investigations approfondies. Ce processus, à la fois rigoureux et systématique, favorise l'acquisition de nouvelles connaissances. Il remplit plusieurs fonctions, notamment la description, l'explication, la compréhension, le contrôle et la prédiction des faits, des phénomènes et des comportements. L'objectivité est au cœur de la rigueur scientifique : le chercheur se concentre uniquement sur les faits, en respectant un cadre établi par la communauté scientifique³



Figure 1: La recherche scientifique
<https://reseauccct.ca/actualites/methode-recherche-scientifique>

II.2.2 Les différents types de la recherche scientifique :

-La recherche descriptive : représente une méthode de recherche dont l'objectif est de décrire un phénomène ou une population. On peut l'utiliser pour analyser les traits d'une population ou

³ M ASSIE GUY ROGER and DR KOUASSI ROLAND RAOUL, "Cours d'initiation à la méthodologie de recherche," Ecole Pratique de la Chambre de Commerce et d'Industrie, Abidjan (2010).

pour caractériser un phénomène. On peut effectuer une recherche descriptive en utilisant des techniques qualitatives ou quantitatives.

-La recherche expérimentale : est une forme de recherche dont l'objectif est de vérifier une hypothèse. Il est possible de l'utiliser pour expérimenter des théories ou des concepts et pour saisir comment un phénomène se manifeste. On peut effectuer une recherche expérimentale en utilisant des techniques qualitatives ou quantitatives.

-La recherche qualitative : est une forme d'étude qui cherche à saisir les expériences et les perspectives des personnes. On peut l'utiliser pour saisir les motivations, les convictions et les positions des individus. On peut réaliser une recherche qualitative en utilisant des techniques qualitatives comme les interviews, les observations et les focus groups. La méthode de recherche quantitative s'appuie sur des données numériques pour extraire des informations et obtenir des résultats.

-La recherche quantitative : est une forme de recherche qui cherche à mesurer et analyser des données. Il peut servir à analyser les tendances et les liaisons entre les variables. On peut réaliser une recherche quantitative en employant des techniques quantitatives comme les enquêtes, les épreuves et les études statistiques.

-L'étude méthodologique : est une forme de recherche axée sur l'évaluation et l'optimisation des méthodes et techniques de recherche. Cela peut englober l'examen des procédures et des approches mises en œuvre pour collecter et analyser les données. L'étude méthodologique est bénéfique pour perfectionner les méthodes et techniques de recherche. Toutefois, ses capacités peuvent être contraintes par le temps et les ressources à disposition.⁴

-La recherche empirique : est une forme de recherche qui se focalise sur la collecte de données par le biais d'observations et d'expérimentations. Cela peut englober des recherches sur le terrain, des sondages, des expérimentations et des essais. L'investigation empirique est bénéfique pour recueillir des renseignements sur des thèmes particuliers et pour vérifier des suppositions. Toutefois, ses capacités peuvent être contraintes par le temps et les ressources à sa disposition.

La recherche documentaire : Le type de recherche qui rassemble des informations à partir de documents déjà existants, tels que livres, articles, rapports, sites internet et bases de données, s'appelle la recherche documentaire. La recherche documentaire est bénéfique pour acquérir des renseignements sur des thèmes particuliers et pour collecter des informations historiques. Toutefois, elle peut être restreinte par la quantité de documents accessibles et par leur qualité.

-La recherche observationnelle : est une autre méthode qui consiste à observer et à documenter des comportements et des événements

-La recherche participative : est une méthode qui implique l'implication des participants dans le processus de recherche

-La recherche en ligne : est une technique qui s'appuie sur des instruments numériques pour collecter des informations et des données. Cela peut comprendre des questionnaires en ligne,

⁴ "<Courstypederecherche.pdf>."

des enquêtes et des interviews sur internet. La recherche sur le web gagne en popularité grâce à sa rapidité, sa simplicité et son coût modique.

II.2.3 Les étapes de la recherche scientifique :

A -Le choix d'un sujet :

Choisir un sujet, c'est important, mais il ne faut pas y passer des heures à chercher "le" sujet parfait. Au fil de vos études, vous aurez l'occasion d'explorer plein de thèmes différents, alors autant varier les plaisirs. D'ailleurs, même un sujet qui semble banal au départ peut devenir passionnant une fois qu'on s'y plonge et qu'on y découvre des choses nouvelles.⁵

Pour bien choisir, voici quelques points à garder en tête :

1. **Le sujet doit pouvoir être étudié sérieusement** – Il faut qu'il soit formulé de façon neutre, qu'il permette une vraie recherche et que les résultats puissent être vérifiés.
2. **Avoir quelques bases, c'est un plus** – Connaître un minimum le sujet permet de gagner du temps et de mieux structurer son travail dès le début. Mais même sans ça, un rapide coup d'œil à un article d'encyclopédie peut suffire à se mettre dans le bain.
3. **L'intérêt personnel est essentiel** – Si le prof est plus emballé que vous par le sujet, c'est mauvais signe ! Il faut un minimum de curiosité pour rendre la recherche agréable.
4. **Les ressources doivent être accessibles** – Vérifiez si vous pouvez trouver facilement des infos : des livres, des articles, des personnes compétentes... Un sujet trop complexe ou avec peu de ressources risque de devenir un casse-tête.

En résumé, pas besoin du sujet parfait : il suffit qu'il soit réalisable, intéressant et qu'il y ait de quoi creuser sans galérer.

B -La recension des écrits:

Faire une recension des écrits, c'est un peu comme faire un état des lieux avant de se lancer dans un projet. L'idée est de voir ce qui a déjà été dit sur votre sujet pour éviter de perdre du temps à redire la même chose et pour mieux orienter votre réflexion.

Voici une façon simple et efficace de procéder :

1. **Commencez par une encyclopédie** – Cela vous donnera une vue d'ensemble et des mots-clés pour affiner vos recherches. C'est un bon point de départ pour éviter de partir dans tous les sens.
2. **Cherchez sur Internet, mais ne vous arrêtez pas là** – Tapez vos mots-clés et explorez les résultats, mais pensez aussi aux bibliothèques et aux ouvrages de référence. Tout n'est pas en ligne !
3. **Allez voir du côté des bibliothèques** – Une fois que vous avez trouvé une section intéressante, regardez autour, car les livres voisins peuvent contenir des infos précieuses.⁶

⁵ "L'intégrité scientifique : enjeux et défis," CALENDIA, 2023, accessed 13 septembre 2023, <https://calenda.org/1094138>.

4. **Ne négligez pas les articles de revues** – Ils sont souvent plus récents et précis que les livres. Si vous en trouvez de bons, gardez une copie, cela vous évitera de devoir y retourner plus tard.

En résumé, une bonne recherche, c'est un mélange de curiosité, de méthodologie et d'un peu de patience. Plus vous explorez, plus vous aurez une base solide pour avancer sereinement sur votre sujet !

C-La problématique :

La problématique est une interrogation sur un objet donné dont l'exploration est à la portée du chercheur étant donné ses ressources et l'état actuel de la théorie. Il faut bien prendre soin de formuler clairement et précisément notre question puisque c'est à celle-ci que nous tenterons de répondre. Le problème de recherche doit être susceptible d'un traitement scientifique et doit prendre en compte l'état des connaissances sur un sujet. Elle doit en particulier permettre de circonscrire son thème de recherche et de clairement délimiter les concepts qui seront abordés. Elle présente certaines qualités nécessaires.⁷

- La problématique est un énoncé présenté dans une forme interrogative
- Le problème posé est objet de science.
- La problématique permet de bien délimiter un sujet d'étude
- Elle se situe dans les grands débats de l'heure. En ce sens vous ne tentez pas de défoncer des portes ouvertes (De là l'importance de bien connaître la documentation avant de la poser).
- Elle est originale, imaginative et fait foi d'une connaissance aigüe du sujet.

D -Hypothèse :

L'hypothèse, c'est tout simplement une réponse provisoire à votre question de recherche. Elle doit être claire, neutre et précise, sans place pour l'ambiguïté ou les préjugés. Son rôle ? Vous donnez une direction. Elle structure votre recherche en définissant ce que vous allez tester et comment vous allez le prouver. En général, une hypothèse établit un lien entre deux éléments (qu'on appelle **variables**). Par exemple, si vous vous demandez « *Qu'est-ce qui cause A ?* », votre hypothèse pourrait être « *C'est B qui cause A* ». Mais attention, une hypothèse n'est

Valable que si elle est **vérifiable**. Il faut pouvoir la tester et prouver (ou non) qu'elle tient la route. Si quelqu'un d'autre refait votre recherche avec la même méthode, il doit pouvoir arriver aux mêmes conclusions. En bref, une bonne hypothèse, c'est une idée claire, logique et testable, qui sert de fil conducteur à tout votre travail !

Une hypothèse repose sur deux éléments clés :

- **La variable dépendante (VD)** : c'est ce qu'on observe, l'effet qu'on veut mesurer.
- **La variable indépendante (VI)** : c'est ce qui influence la VD, le facteur qu'on étudie.

Il existe trois types d'hypothèses :

1. **Univariée** : on observe l'évolution d'un seul facteur dans le temps ou l'espace (*Les Nations Unies se sont éloignées de leur rôle initial*).

⁷ Pierre Paillé, "La méthodologie de recherche dans un contexte de recherche professionnalisante: douze devis méthodologiques exemplaires," *Recherches qualitatives* 27, no. 2 (2007).

2. **Bivariée** : on étudie la relation entre une VI et une VD. Cette relation peut être :
 - **Causale** : une chose en entraîne une autre (*L'alcool provoque la perte de réflexe*).
 - **Covariante** : deux phénomènes évoluent ensemble sans forcément être liés par une cause directe (*Moins les gens vont à la mosquée tôt le matin, plus ils se couchent tard*).
3. **Multivariée** : plusieurs facteurs sont pris en compte pour expliquer un phénomène (*La pauvreté, le travail étudiant et le manque d'espoir poussent au décrochage scolaire*).

En bref, une hypothèse permet d'explorer les liens entre différents éléments et d'organiser une recherche de façon logique et structurée.

E -La clarification des concepts :

Si votre hypothèse présente les qualités d'une question scientifique, elle utilise donc des termes précis et univoques. Malgré cela, dans une recherche scientifique, les termes-clés de l'hypothèse font toujours l'objet d'une clarification. Il s'agit de donner une définition scientifique et complète du sens dans lequel ce concept sera employé pour votre recherche. Ça peut ressembler à du politically correct.

Si vous menez une recherche sur **les énergies renouvelables**, il est essentiel de bien définir les termes utilisés dans votre hypothèse pour garantir la précision scientifique. Par exemple, si votre hypothèse est :

« L'augmentation des investissements dans les énergies renouvelables réduit la dépendance aux énergies fossiles. »⁸

Certains termes clés nécessitent une définition claire, comme :

- **« Énergies renouvelables »** : Elles peuvent être définies comme des sources d'énergie naturelles se régénérant continuellement, telles que l'énergie solaire, éolienne et hydroélectrique.⁹
- **« Dépendance aux énergies fossiles »** : Cela peut être défini comme la part du charbon, du pétrole et du gaz naturel dans la production d'énergie d'un pays sur une période donnée.
 - -Vérifier le sens propre et les sens figurés dans un dictionnaire général.
 - -Vérifier les diverses acceptions dans un dictionnaire spécialisé
 - -Vérifier l'usage de ce terme chez les auteurs pour voir l'usage qu'ils font de ce concept
 - -Établissez dans quel sens vous utiliserez ce concept dans votre recherche et fournissez votre définition lors de la présentation de la problématique.

F -L'opérationnalisation :

C'est une opération cruciale à laquelle il faut passer pas mal de temps au risque d'en perdre beaucoup par la suite. Il s'agit - à partir des termes de l'hypothèse - de poser les diverses dimensions qu'elle implique et, à leur tour, de décomposer ces dimensions en indicateurs ou en indices, qui sont des unités élémentaires, généralement abstraites et mesurables.

⁸ Paul Hawken, Amory B Lovins, and L Hunter Lovins, *Natural capitalism: The next industrial revolution* (Routledge, 2013).

⁹ "l'énergie pour l'avenir passer au solaire," 2013, accessed 13/12/2020, <https://sonergie.fr/>.

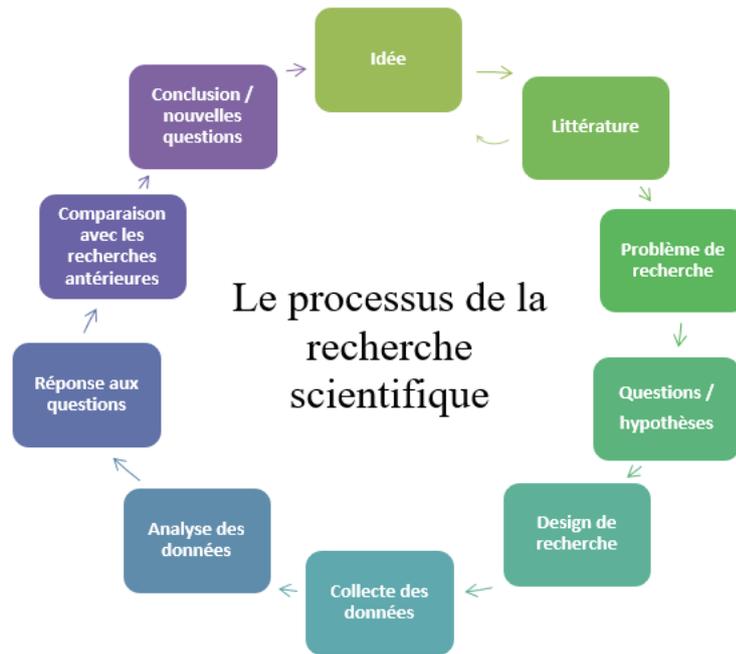


Figure 2: les étapes de recherche scientifique
<https://vitoli.ca/la-recherche-scientifique-ce-que-vous-devez-savoir-article-1-de-4/>

II.2.4 Les enjeux et les défis de la recherche scientifique :

La recherche scientifique est confrontée à une multitude d'enjeux et de défis qui influencent son orientation et son efficacité. Voici quelques-uns des principaux aspects à considérer :

1. Enjeux de la recherche :

- **Répondre aux défis sociétaux :** La recherche est sollicitée pour apporter des solutions à des problématiques majeures telles que le changement climatique, les inégalités éducatives, l'intelligence artificielle, la santé environnementale, l'aménagement des territoires et la transition énergétique.¹⁰
- **Promouvoir l'intégrité scientifique :** Assurer la confiance du public envers la science nécessite une vigilance constante en matière d'éthique et de rigueur dans les pratiques de recherche.¹¹
- **Renforcer l'attractivité de la recherche :** Il est essentiel de rendre les carrières scientifiques attractives pour attirer et retenir les talents nécessaires à l'avancement des connaissances.¹²

2. Défis de la recherche :

- **Assurer un financement adéquat :** Les ressources financières allouées à la recherche sont souvent limitées, ce qui peut freiner l'innovation et la découverte.
- **Favoriser la collaboration internationale :** La coopération entre chercheurs de différentes nations est cruciale pour aborder des problèmes globaux, mais elle peut être entravée par des barrières culturelles, linguistiques ou politiques.

¹⁰ "cnrs Répondre aux défis sociétaux," cnrs, 2024, accessed 10 janvier 2024, <https://www.cnrs.fr/fr/nos-defis/defis-societaux>.

¹¹ sciences, "L'intégrité scientifique : enjeux et défis."

¹² "L'enjeu majeur de notre recherche au niveau national c'est l'attractivité," 2022, accessed 04 mai 2022, <https://www.cge.asso.fr/enjeu-majeur-de-notre-recherche-au-niveau-national-cest-lattractivite/>.

- **Intégrer les avancées technologiques** : Les chercheurs doivent s'adapter en permanence aux nouvelles technologies et méthodes pour rester à la pointe de leur domaine.
- **Assurer l'intégrité scientifique** : Maintenir des standards éthiques élevés est essentiel pour préserver la crédibilité de la recherche et éviter les fraudes ou les biais.
- **Adapter les programmes éducatifs** : Les cursus universitaires doivent évoluer pour refléter les priorités de recherche actuelles et les disciplines émergentes, garantissant ainsi une formation adéquate des futurs chercheurs.¹³

En conclusion, la recherche scientifique doit continuellement s'adapter aux évolutions sociétales et technologiques, tout en surmontant des défis structurels et éthiques, pour répondre efficacement aux besoins de la société.

II.3 L'énergie renouvelable :

II.3.1 Définition de l'énergie renouvelable

De manière générale, les énergies renouvelables sont des méthodes de génération d'énergie qui se servent de forces ou de ressources dont les réserves sont infinies. Les énergies renouvelables se manifestent de diverses manières : l'eau des rivières qui fait fonctionner les turbines d'un barrage hydroélectrique, le vent qui fait tourner les pales d'une éolienne, la lumière solaire qui stimule les cellules photovoltaïques, et même la chaleur provenant des profondeurs terrestres utilisée pour alimenter des systèmes de chauffage. Il ne faut pas oublier non plus certaines plantes comme la canne à sucre ou le colza, utilisées pour produire des biocarburants destinés aux véhicules. Les énergies renouvelables offrent également une opportunité pour accéder à l'électricité. Ces atouts alliés à des technologies de plus en plus performante, favorisent le développement des énergies renouvelable mais de manière encore très inégale selon le type de ressources considérées.¹⁴



Figure 3: les énergies renouvelables

<https://www.algerie-focus.com/energies-renouvelables-en-algerie-letincelle-dun-avenir-vert-et-lumineux/>

II.3.2 Les caractéristiques des énergies renouvelables :

Inépuisables : À l'inverse des énergies fossiles qui sont épuisables et qui se raréfient chaque année, les énergies renouvelables, qui se régénèrent assez rapidement, doivent être formées à

¹³ "<les-enjeux-de-la-recherche-dans-lenseignement-superieur-europeen.pdf>."

¹⁴ synergie, "l'nergie pour l'avenir passer au solaire."

un rythme supérieur à leur taux d'utilisation. Elle découle de phénomènes naturels réguliers ou constants induits par les astres, en particulier le soleil.¹⁵

Propre : Les sources d'énergie les plus couramment utilisées sont issues des fossiles, comme le pétrole, le gaz ou l'énergie nucléaire. Ces dernières génèrent une importante quantité de gaz à effet de serre, responsables du réchauffement climatique. Bien que l'industrie nucléaire soit peu émettrice de CO₂, la gestion de ses déchets radioactifs présente des risques significatifs. Cela entraîne d'importantes émissions de CO₂. C'est pourquoi les énergies renouvelables sont en phase avec le développement durable et la protection de l'environnement. Elles génèrent peu ou pas de déchets ni d'émissions polluantes, contribuant ainsi à combattre l'effet de serre et à réduire notamment les émissions de gaz carbonique dans l'atmosphère.¹⁶

II.3.3 Les différents types des énergies renouvelables :

1-Biomasse : C'est l'énergie présente dans les végétaux et les substances organiques. La biomasse végétale est alimentée par l'énergie solaire, que les plantes captent via la photosynthèse. Cette biomasse peut provenir de différents domaines et matériaux tels que le bois, les résidus agricoles et forestiers, les déchets alimentaires et les matières organiques dérivées des déchets municipaux et industriels. Ces technologies transforment l'énergie en formats directement utilisables, tels que la chaleur ou l'électricité.¹⁷



Figure 4: Le bois est la principale source de bioénergie.
<https://www.revuegestion.ca/il-a-invente-le-bois-du-futur>

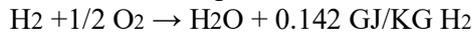
2-L'hydrogène :

¹⁵ synergie, "l'énergie pour l'avenir passer au solaire."

¹⁶ synergie, "l'énergie pour l'avenir passer au solaire."

¹⁷ Amory B Lovin, *stratégie énergétique planétaires*, ed. édition Christian bourgeois (paris: édition Christian bourgeois 1975).

L'hydrogène semble être un choix très idéal comme source d'énergie solaire. Ce dernier peut être utilisé comme combustible pour les machines thermiques en raison de sa haute capacité énergétique. L'évolution des piles à hydrogène favorise également la production d'électricité via l'électrochimie de combustion de l'hydrogène, avec un rendement atteignant 70%. L'équation indique que l'hydrogène, lorsqu'il est brûlé avec de l'oxygène, produit de la vapeur d'eau. Selon l'équation :



Cette vapeur d'eau peut être avantageusement recyclée pour obtenir l'hydrogène. Avec l'air, la combustion dégage des oxydes d'azote. Deluchi a comparé les résultats de plusieurs études d'application de moteurs à combustion interne et a montré que pour l'hydrogène, les quantités rejetées restent inférieures à celles pouvant résulter de l'utilisation de l'essence ou du carburant Diesel. L'utilisation de l'hydrogène est donc écologique

Il faut enfin noter que, de l'avis des experts, le système d'énergie à hydrogène solaire évoqué ne pourra remplacer les ressources actuelles, qu'après une période de transition (estimée à au moins 30 ou 40 ans). Pendant cette période, d'autres sources d'énergie primaires dont les énergies fossiles et nucléaires, pourraient être mises à contribution pour produire l'hydrogène, et ceci afin d'ouvrir un marché. Cependant, les bénéfices écologiques ne pourraient être visibles que lorsque le système d'énergie à hydrogène solaire achèvera d'être complètement établi¹⁸

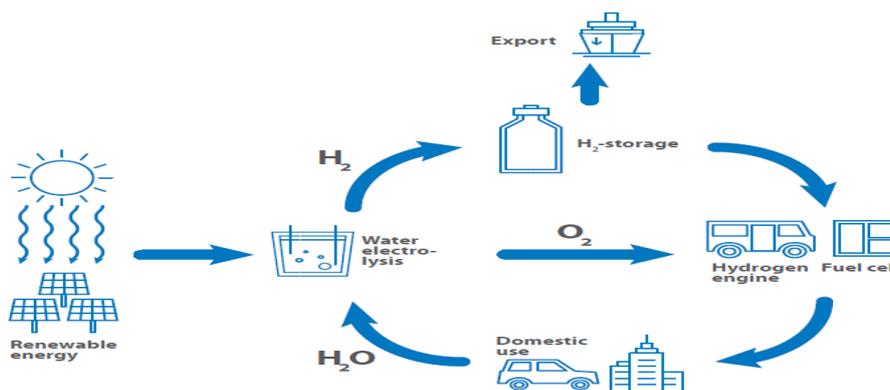


Figure 5: cycle de l'hydrogène.

<https://www.linseis.com/fr/votre-industrie/technologie-de-lhydrogene/>

3-Energie hydraulique :

L'hydraulique est actuellement la première source renouvelable d'électricité. Le potentiel mondial pourrait cependant être davantage exploité. La production mondiale au début des années 2000 est de 2700 TWh par an, avec une capacité installée de 740 GW. Elle pourrait passer à 8100 TWh à l'horizon 2050 avec un doublement économique compétitif de la capacité installée. 14 000 TWh seraient techniquement exploitables et le potentiel théorique serait de 36 000 TWh.

Le principe consiste à utiliser l'énergie mécanique de l'eau pour faire tourner une turbine et un alternateur pour produire de l'électricité. Cette forme d'énergie est essentiellement produite en contrebas des barrages hydrauliques et parfois en travers des cours d'eau et canaux artificiels à

¹⁸ H Derbal, M Belhame, and A M'Rouï, "L'hydrogène, vecteur énergétique solaire," *Revue des Energies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen* (2007).

l'aide de microcentrales. La puissance produite dépend de la hauteur de la chute d'eau et le débit de l'eau.¹⁹

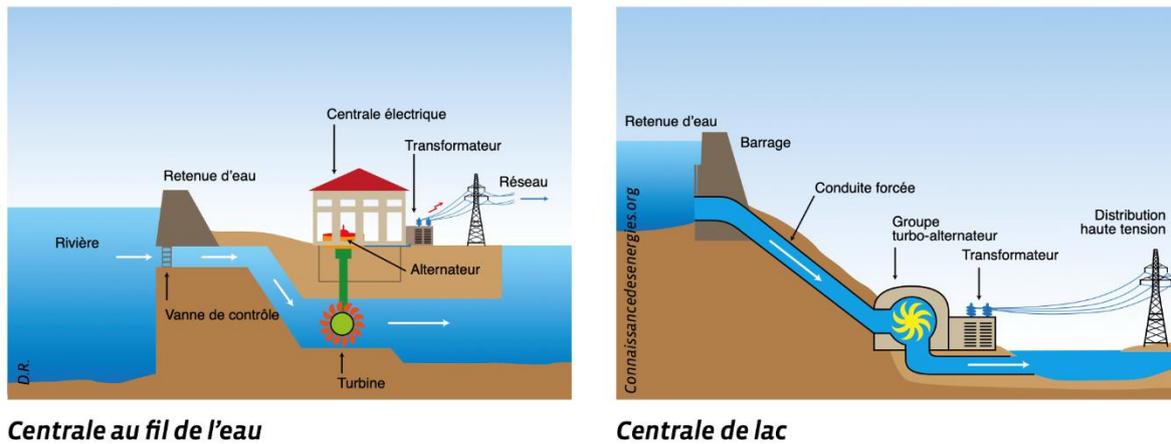


Figure 6: l'énergie hydraulique, comment ça marche ?
Source : Baromètre de l'Observ'ER 2023

4- L'énergie solaire :

a- Définition de l'énergie solaire :

L'énergie solaire, qui provient du soleil, est une forme d'énergie renouvelable. Elle est constamment accessible sans aucun coût et peut servir à générer de l'électricité ou de la chaleur. C'est une énergie totalement écologique, propre puisqu'elle ne génère que peu de dioxyde de carbone (CO₂) lors de sa production.

L'énergie solaire, étant une source d'énergie propre et renouvelable, constitue une alternative attrayante pour ceux qui désirent minimiser leur empreinte carbone. Elle peut aussi servir à diminuer les dépenses énergétiques sur le long terme. Elle représente également une option plus économique à long terme comparée aux sources d'énergie conventionnelles. Elle peut aussi servir à fournir de l'énergie aux appareils, même en cas de coupure d'électricité.²⁰



Figure 7: l'énergie solaire
<https://youmatter.world/>

¹⁹ Kamel Bouaraour, "Cours des énergies renouvelables," (2020).

²⁰ Laanaya Touzani, "LES ENERGIES RENOUVENABLES AU MAROC: ENERGIE SOLAIRE," *La Revue D'économie et D'environnement* 3, no. 1 (2023).

b- L'historique de l'énergie solaire :

Depuis l'Antiquité, l'humanité utilise l'énergie solaire, vénérant même le soleil comme une divinité. Archimède aurait exploité les rayons solaires pour défendre Syracuse contre les Romains. À travers les siècles, de nombreuses innovations ont vu le jour : en 1874, Harding conçoit un dispositif de distillation solaire ; en 1888, Weston convertit l'énergie solaire en énergie mécanique ; au XXe siècle, des moteurs solaires apparaissent en Californie, en Égypte et en Libye. En 1960, le Japon compte 250 000 foyers utilisant l'énergie solaire pour chauffer l'eau. Le four solaire d'Odeillo, inauguré en 1970, demeure un symbole de puissance technologique. Avec la crise pétrolière, l'énergie solaire connaît un regain d'intérêt. Des chercheurs comme Harding et Ericsson ont multiplié les applications : fusion, cuisson, irrigation, distillation. Un projet ambitieux vise même à alimenter l'Europe en énergie solaire depuis le Sahara.²¹

Comment l'énergie solaire est-elle produite ?

La production d'électricité

Afin de **produire de l'électricité** à partir des rayons du soleil, il y a plusieurs étapes. Tout d'abord, lorsque le soleil brille, les photons de la lumière entrent en contact avec les cellules photovoltaïques des panneaux solaires. Ceux-ci sont composés de silicium, et au contact de la lumière, les électrons circulent en produisant un courant électrique continu. Grâce à un onduleur, ce courant continu se transforme en courant alternatif et peut alors être utilisé par tout type d'appareil électrique.

La production de chaleur

Pour produire de la chaleur, le système est encore plus simple : des **capteurs solaires thermiques** permettent de capter les rayons du soleil et transmettent cette chaleur à un liquide. Ce liquide caloporteur est ensuite envoyé dans un ballon de stockage, qui redistribue cette eau chaude dans la maison (robinets, douche, etc.) Si le système est combiné (SSC), il peut également permettre de chauffer les radiateurs ou le plancher chauffant de la maison.²²

Pourquoi utiliser l'énergie solaire ? Les différents usages possibles :

L'énergie solaire est principalement exploitée pour trois finalités : l'éclairage, le chauffage et la production d'électricité.

²¹ "l'énergies solaire," 2020, accessed 13/12/2020, <https://www.swissolar.ch/fr/connaissances/technologies-solaires>.

²² "Énergie solaire : pourquoi et comment l'utiliser pour sa maison," 2021, accessed 11/05/2021, <https://mypower.engie.fr/conseils/energie-solaire/informations-solaires/origine-energie-solaire.html>.

S'éclairer gratuitement :

Il peut sembler évident, mais la première application de cette énergie gratuite est l'éclairage. Un grand nombre de structures anciennes ne permettent pas une utilisation optimale de la lumière naturelle. Les logements qui disposent de peu de fenêtres ou qui sont mal positionnés par rapport au soleil sont particulièrement sombres et entraînent une consommation d'énergie importante pour leur éclairage, même en plein jour. Heureusement, l'architecture contemporaine offre de plus en plus de grandes baies vitrées, de puits de lumière et de matériaux lumineux.

Chauffer son eau et son intérieur :

Une autre méthode d'utilisation de l'énergie solaire est le chauffage. Nous avons précédemment évoqué l'énergie solaire thermique, qui offre la possibilité de fournir de l'eau chaude pour votre domicile. Lors des journées ensoleillées, une grande fenêtre ou une porte-fenêtre judicieusement orientée peut aussi réchauffer efficacement un espace sans nécessiter d'installation spécifique !²³

Produire de l'électricité verte :

Enfin, l'énergie solaire peut vous permettre de produire de l'électricité, par exemple grâce à l'installation de panneaux photovoltaïques. Des centrales thermodynamiques permettent également de créer de l'électricité à partir de la chaleur du soleil.²⁴

II.3.4 Conclusion :

La recherche scientifique est indispensable à l'évolution des savoirs et à l'innovation. En respectant des étapes méthodiques et des principes rigoureux, elle permet de produire des connaissances fiables et utiles. Malgré les difficultés qu'elle peut rencontrer, notamment sur les plans éthique, financier ou technologique, elle demeure un levier incontournable pour faire avancer la science, améliorer la qualité de vie et anticiper les défis du futur.

²³ Power, "Énergie solaire : pourquoi et comment l'utiliser pour sa maison."

²⁴ Power, "Énergie solaire : pourquoi et comment l'utiliser pour sa maison."

III Chapitre 2 : la conception solaire hybride

Introduction :

Dans un contexte mondial marqué par la recherche de solutions durables face aux défis énergétiques et environnementaux, l'architecture joue un rôle central. La conception solaire hybride s'impose aujourd'hui comme une réponse innovante, combinant intelligemment les principes du solaire passif et actif pour optimiser la performance énergétique des bâtiments. Ce chapitre vise à définir les fondements de la conception architecturale, à explorer les spécificités de l'approche solaire, en mettant en évidence les avantages, les limites, ainsi que les systèmes actifs et passifs intégrés dans les projets de construction durable.

III.1 Définition de la conception architecturale :

La conception architecturale est réalisée lors de l'étude préalable aux travaux. Elle inclut des plans, des esquisses et des représentations 3D de la structure présentée en amont au client. Un descriptif détaillé des opérations est aussi préparé, et, grâce à une connaissance approfondie des matériaux et des techniques employés ainsi que du contexte existant, une estimation globale du coût de l'ensemble est fournie. Il convient de souligner que toutes les propositions faites par l'architecte doivent rester conformes au budget initial fixé par le maître d'ouvrage. Cette conception architecturale s'accompagne également d'un résumé indiquant les problématiques liées à l'existant, les expertises ou études complémentaires nécessaires ainsi que leurs éventuels coûts.²⁵

III.2 La conception architecturale solaire :

Par architecture solaire, on entend l'intégration transparente de la technologie solaire dans la conception et la construction des bâtiments. Ces dernières années, elle a connu une transformation remarquable grâce à l'intégration de l'énergie solaire. Mais il ne s'agit pas seulement de placer des panneaux solaires sur les toits: l'architecture solaire est une approche

²⁵ "La conception architecturale," 2025, 2025, <https://www.camif-habitat.fr/nos-metiers/architecte/conception-architecturale/>.

globale qui considère la technologie solaire comme faisant partie intégrante de la conception architecturale. Cette méthodologie va de l'utilisation de tuiles solaires et de façades solaires à l'exploitation intelligente de la lumière du jour.²⁶



Figure 8: norman foster et leurs projets
<https://br.pinterest.com/pin/317855686178769407/>

C- Les types d'architecture solaire :

1- L'architecture solaire passive :

C'est un dispositif qui s'appuie sur les atouts naturels du lieu et exploite l'énergie solaire. Elle est conçue pour capturer et emmagasiner l'énergie dans les éléments lourds internes du bâtiment (murs, dalles, plafonds, etc.), puis pour disperser cette énergie à travers toutes les surfaces du bâtiment sont traitées sans recours à des composants actifs tels que les pompes, ventilateurs, etc.

Dans le système solaire passive, la fenêtre est le capteur solaire le plus répandue qui Permet de pénétrer le rayonnement solaire par son vitrage transparent, ce qui apporte à la fois la lumière et la chaleur qui peut réduire la consommation d'énergie de chauffage.

Les fenêtres, les vérandas vitrées, les serres solaires et les capteurs d'air sont parmi les systèmes passifs les plus courants.²⁷

²⁶ "ARCHITECTURE SOLAIRE," 2023, <https://suntechnics.ch/fr/pour-les-entreprises/architecture-solaire/>.

²⁷ Saddam Abaidia, "La contribution dans le développement de l'architecture solaire passifs dans les haut plateaux" Cas d'étude, Tébessa"" (2015).

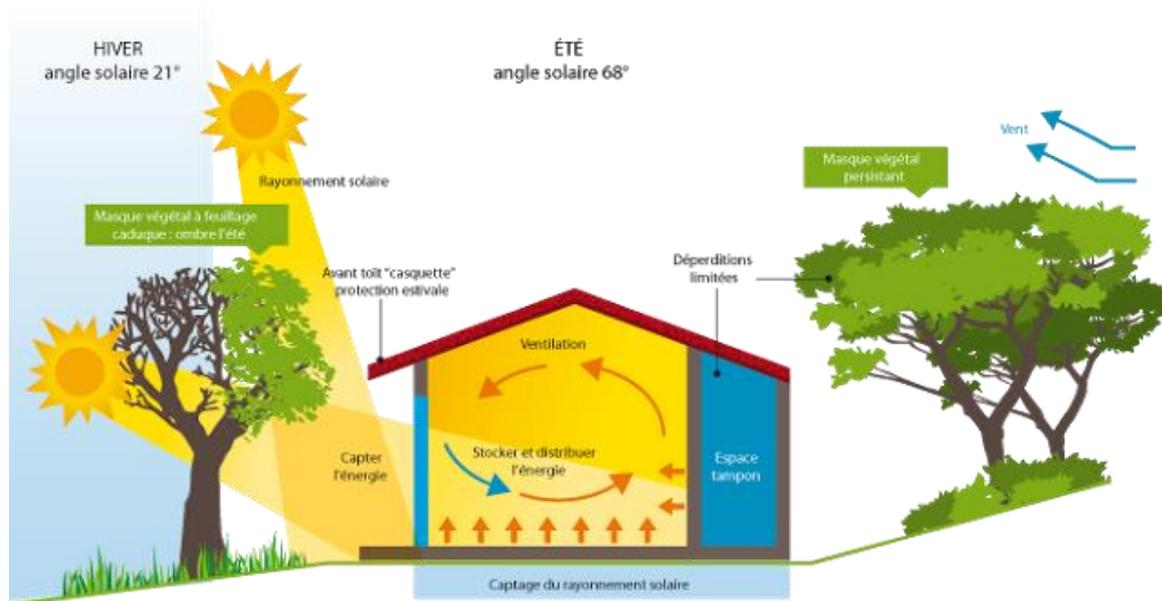


Figure 9: l'énergie solaire passif
<https://www.e-rt2012.fr/>

- Les avantages du solaire passif :

Voici les avantages du solaire passif :

- Il permet de réaliser des économies d'énergie.
- Il est écologique et émet peu de carbone.
- Il ne requiert pas l'utilisation de matériaux rares ou polluants.
- Il permet de bénéficier d'un confort thermique optimal.
- Fiable et résistant, il ne nécessite pas d'entretien.
- Il offre un excellent rendement financier.
- Il augmente la valeur du bien immobilier.

- Les inconvénients du solaire passif :

- Il doit être prévu lors de la conception de la maison.
- Il demande un investissement financier important (conception soignée, études de faisabilité préalables, matériaux de qualité, main d'œuvre qualifiée).
- Il doit obéir à des règles de construction rigides.
- Il peut entraîner des problèmes de surchauffe, qu'il faut savoir gérer.
- Il nécessite un emplacement contraignant et une orientation particulière.²⁸

²⁸ "Énergies Renouvelables," 2023, accessed 18/10/2023, <https://www.espace-aubade.fr/blog/energie-renouvelables/le-chauffage-solaire-passif-comment-ca-marche>.

- Les différents systèmes de solaire passif :

Le refroidissement solaire passif consiste à réduire les gains de chaleur indésirables pendant la journée et durant l'été, notamment en stockant la fraîcheur de la nuit. Il se décline en trois procédés principaux : l'ombrage, la masse thermique et la ventilation transversale.

L'Ombrage :

L'ombrage peut être apporté grâce à plusieurs dispositifs :

- La végétation, en particulier les arbres à feuilles caduques qui font de l'ombre en été et laissent passer la lumière du soleil lorsqu'ils perdent leurs feuilles en hiver.
- De manière générale, l'aménagement paysager.
- Les surplombs, qui sont des sortes de corniches qui maintiennent les fenêtres à l'ombre lorsque le soleil est haut dans le ciel.

Les auvents, volets et treillis, particulièrement sur les fenêtres orientées au sud.²⁹

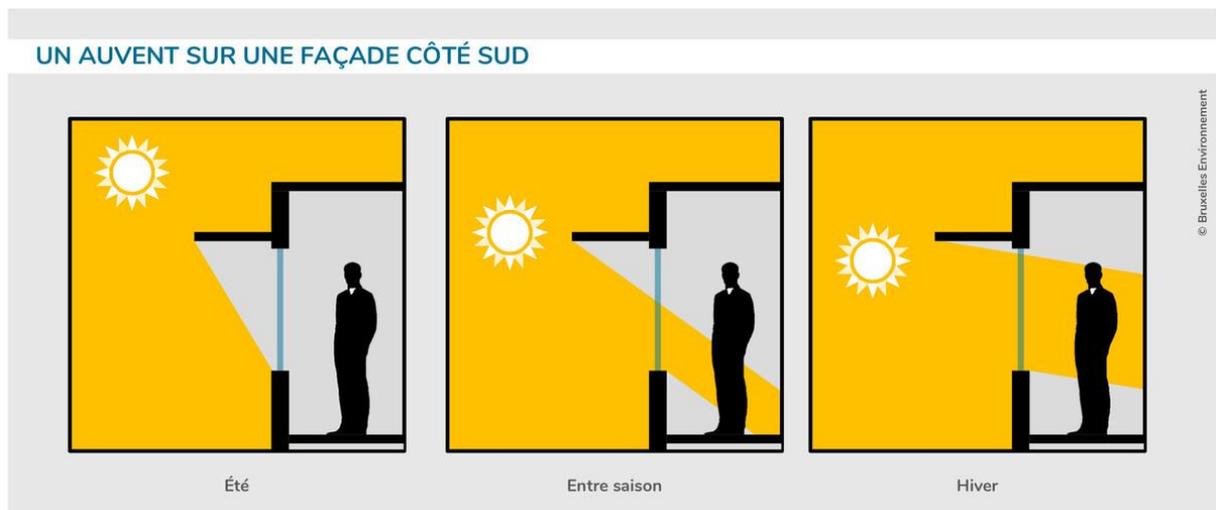


Figure 10: l'ombrage

<https://architectureecologique.fr/dispositifs-dombrage-pour-le-controle-solaire/>

L'orientation :

L'orientation d'un bâtiment, ce n'est pas juste une question d'esthétique ou de vue : c'est un élément clé pour tirer pleinement parti des énergies naturelles et limiter l'usage des systèmes mécaniques comme le chauffage, la climatisation ou l'éclairage artificiel.

Bien pensée, l'orientation peut vraiment transformer un bâtiment : elle réduit les besoins énergétiques et améliore nettement le confort des occupants. Une maison bien orientée est plus agréable à vivre... et beaucoup moins chère à faire fonctionner au quotidien !

²⁹ Lipon, "Énergies Renouvelables."

Concrètement :

- **L'orientation**, c'est la manière dont on positionne un bâtiment par rapport à la trajectoire du soleil selon les saisons, mais aussi par rapport aux vents dominants.
- **Une bonne orientation** permet de capter la chaleur en hiver, de s'en protéger en été, et d'utiliser la ventilation naturelle pour rafraîchir les espaces intérieurs.
- Avant de concevoir, il est essentiel de **connaître votre zone climatique** : chaque climat a ses astuces spécifiques. Comprendre comment fonctionne votre environnement local est la première étape pour appliquer les bons principes de conception passive.

Bref, avec une orientation bien réfléchi, on fait entrer le soleil et l'air frais au bon moment, on protège contre la chaleur excessive, et on crée des bâtiments à la fois performants, confortables et durables.³⁰

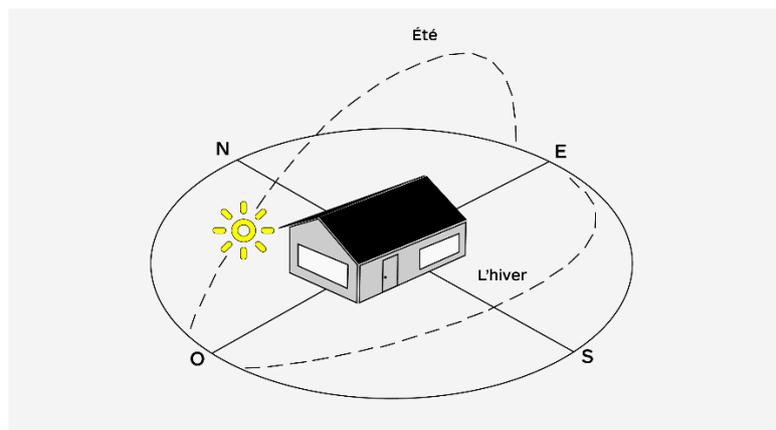


Figure 11: l'orientation du bâtiment
<https://www.gradhermetic.com/fr/node/3287>

- Masse thermique :

La masse thermique désigne la capacité de certains matériaux à absorber, stocker et restituer la chaleur. Cette propriété est essentielle dans la conception de bâtiments écoénergétiques, car elle permet de réguler naturellement la température intérieure, réduisant ainsi la dépendance aux systèmes de chauffage et de climatisation.³¹

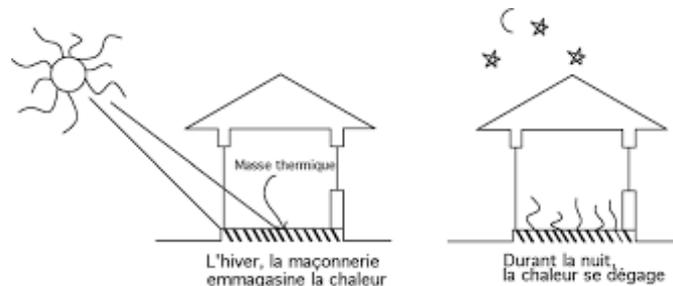


Figure 12: la masse thermique
https://www.ecohabitation.com/media/archives/files/u872/FicheArchibio_MasseThermique.pdf

³⁰ "orientation du bâtiment pour une conception passive," 2023, accessed 3 avril 2023, <https://archi-monarch.com/building-orientation-for-passive-design/>.

³¹ "la masse thermique," 2021, accessed 28/09/2021, <https://www.ecohabitation.com/guides/2753/cest-quoi-la-masse-thermique/>.

Ventilation :

La ventilation naturelle est une stratégie passive, sans moyen mécanique, de maintenir un environnement intérieur confortable. La présente recherche a pour but de développer une méthode permettant aux concepteurs de vérifier en phase de préconcept, de façon sommaire, l'influence des principaux choix architecturaux sur la capacité à refroidir un bâtiment par la ventilation naturelle.³²

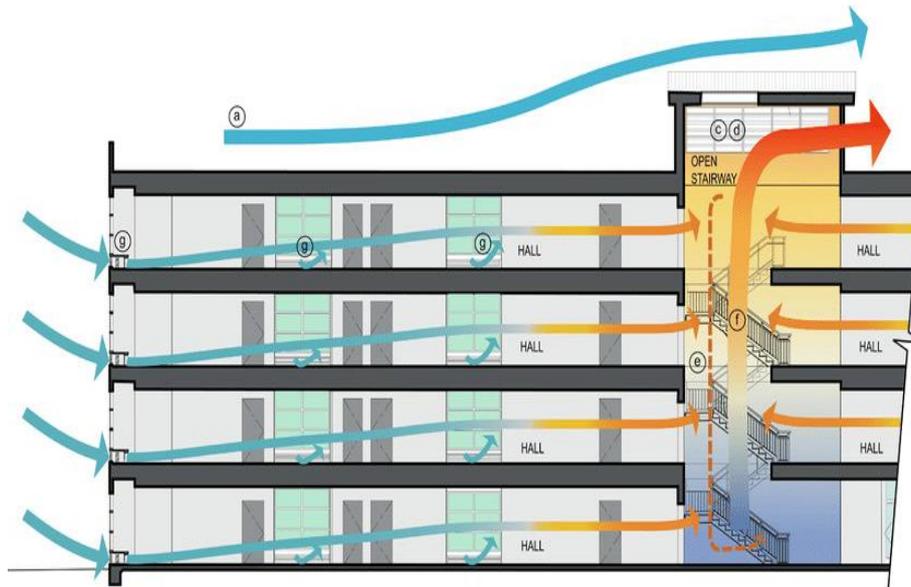


Figure 13: ventilation naturelle
<https://chroniques-architecture.com/>

- Le vitrage :

Les performances thermiques sont grandement affectées par le type de vitrage utilisé. On évalue celles-ci en utilisant le coefficient de déperdition surfacique U, qui doit être le plus faible possible. Le tableau ci-dessous illustre les valeurs moyennes du coefficient U pour chaque catégorie de vitrage.

Pour une meilleure appréhension des performances des divers types de vitrage, étudions leurs propriétés thermiques et leurs effets sur l'isolation d'après Picbleu.

- Simple vitrage : constitué d'une seule couche de verre, il offre une isolation thermique très limitée. La chaleur se perd rapidement, avec un coefficient de transmission thermique (U_g) qui s'établit en moyenne à $6,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

- Double vitrage : optimise l'isolation en utilisant la couche d'air ou de gaz entre les deux panneaux de verre. En fonction du type de gaz et des traitements effectués (tels que les revêtements à faible émissivité), la valeur de son coefficient U_g peut varier de $1,0$ à $2,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

-Triple vitrage : ajoute une troisième vitre et une seconde couche d'air ou de gaz, ce qui permet une isolation thermique optimale avec un coefficient U_g descendant jusqu'à $0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

³² Hugues Boivin, "La ventilation naturelle: développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale," (2007).

Toutefois, il est plus épais, plus lourd et réduit les apports solaires passifs, ce qui peut être contre-productif dans certains climats tempérés.³³

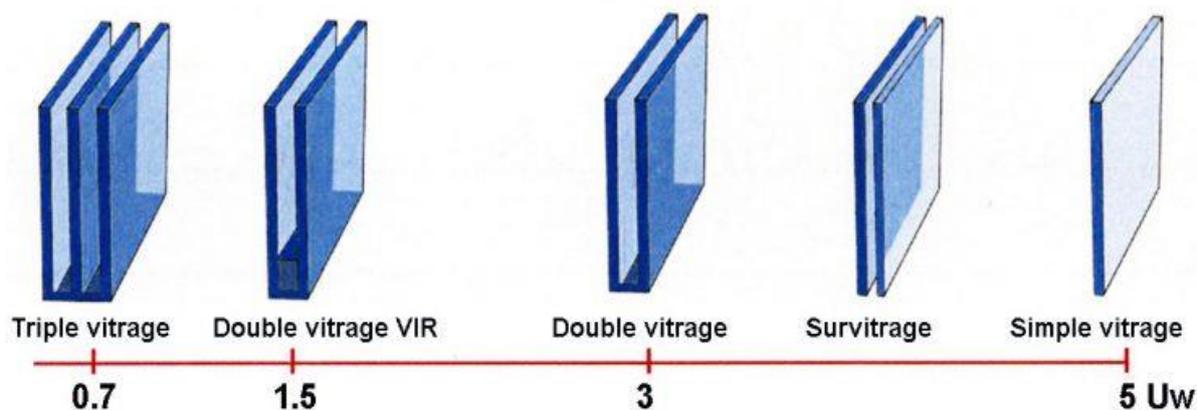


Figure 14: les différents types de vitrage

<https://www.sac-securite.fr/produits-securite-sac/vitrage-simple-double-triple/>

Type de vitrage	Coefficient Ug (W/m ² .K)	Température face interne (exemple à -10°C ext.)
Simple vitrage	5,75	-1,8°C
Double vitrage standard	2,8	9,5°C
Double vitrage haut rendement	1,1	15,9°C
Triple vitrage	0,6	18°C

Tableau 1: les différents types de vitrages

³³ "Guide complet du double vitrage : confort thermique et économies d'énergie," 2025, accessed 3 janvier 2025, <https://particulier.hellio.com/blog/conseils/double-vitrage>.

2- Énergie solaire active :

A- L'énergie solaire thermique : L'énergie solaire thermique consiste à exploiter la chaleur du rayonnement solaire, elle s'utilise principalement à travers deux applications : le chauffage de l'eau et le chauffage des locaux.

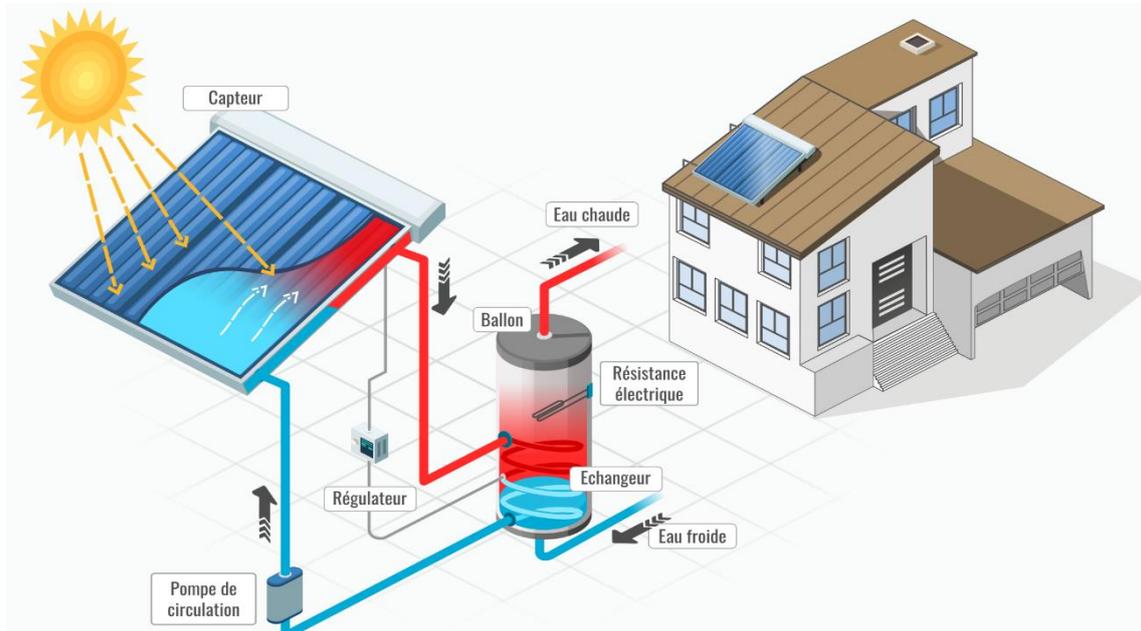


Figure 15: les panneaux solaires thermiques
<https://www.les-energies-renouvelables.eu/>

A-1 Les chauffe-eau solaires :

Ils sont utilisés pour l'eau de consommation domestique, un circuit primaire constitué de capteurs solaires réchauffe l'eau, et un circuit secondaire délivre l'eau ainsi chauffée vers un réservoir. Les capteurs sont généralement constitués d'un boîtier plat et rectangulaire, isolé et fermé par une vitre, exposé au soleil sur le toit d'une maison.³⁴

A-2 Le chauffage solaire des locaux:

Elle se fait par deux méthodes qui sont : -Par le réservoir d'eau chaude : Dans lequel la chaleur peut être distribuée par des radiateurs ou par le sol (solution plus fréquente). Dans ce dispositif, le fluide échange sa chaleur avec la dalle qui elle-même va transmettre la chaleur reçue par le fluide à l'air de la maison.³⁵

B- L'énergie solaire thermodynamique :

L'énergie solaire thermodynamique regroupe les deux techniques précédentes : dans un premier temps, elle permet de capter la chaleur du soleil, puis cette chaleur est transformée en énergie électrique. Cette technique est assez complexe et n'est pas destinée à être utilisée par

³⁴ "Bioénergies : quelle contribution à l'objectif européen de neutralité climatique ?," ifri, 2020, <https://www.ifri.org/fr/etudes/bioenergies-quelle-contribution-lobjectif-europeen-de-neutralite-climatique>.

³⁵ Cruciani, "Bioénergies : quelle contribution à l'objectif européen de neutralité climatique ?."

les particuliers : ce sont de grandes centrales qui en font usage. Avec un dispositif optique de miroirs, elles parviennent à concentrer les rayons du soleil pour produire beaucoup de chaleur. Il est possible de la stocker pour l'utiliser par mauvais temps ou lorsque le soleil ne brille pas. Cette chaleur est ensuite utilisée pour créer de l'électricité. L'utilisation de l'énergie solaire thermodynamique est récente, et encore peu fréquente.³⁶

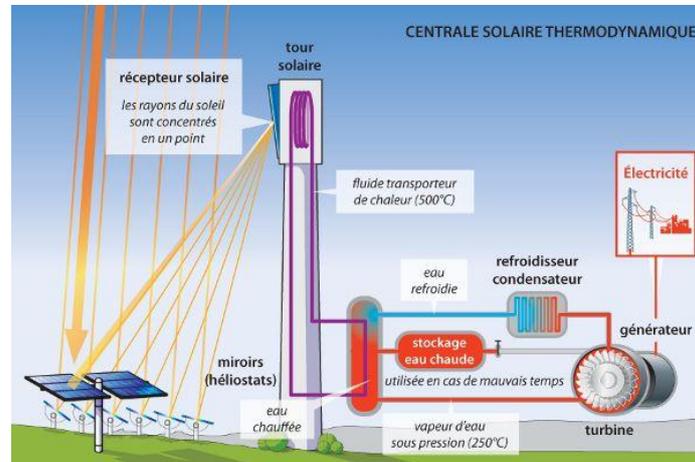


Figure 16: fonctionnement d'une centrale solaire thermodynamique
<https://fr.pinterest.com/pin/189854940522029596/>

C- L'énergie solaire photovoltaïque :

C'est sans doute l'énergie la plus connue, car c'est celle qu'on retrouve dans les panneaux photovoltaïques. De façon très simplifiée, les cellules photovoltaïques qui constituent les panneaux permettent de transformer les rayons du soleil en courant électrique. Grâce à cette électricité, il est possible de faire fonctionner tous types d'appareils électriques.³⁷



Figure 17: technologies solaire photovoltaïque
<https://knowhow.distrelec.com/>

³⁶ Power, "Énergie solaire : pourquoi et comment l'utiliser pour sa maison."

³⁷ Power, "Énergie solaire : pourquoi et comment l'utiliser pour sa maison."

BIPV « building integrated photovoltaic » :

Le photovoltaïque intégré aux bâtiments correspond à l'intégration de panneaux solaires dans l'enveloppe des édifices. Les éléments du BIPV sont par exemple des panneaux intégrés au toit, des panneaux de façade, des rambardes de balcon, des toits terrasses ou des abris de voitures. Les panneaux BIPV remplissent également des exigences en termes d'aménagement, comme la couleur, la transparence, la forme et les matériaux.³⁸



Figure 18: BIPV
<https://www.hoymiles.com/>

Qu'est-ce que le BIPV?

L'abréviation BIPV provient de l'anglais « building integrated photovoltaic » ce qui signifie « photovoltaïque intégré aux bâtiments ». Il s'agit de l'intégration des panneaux photovoltaïques dans l'enveloppe des édifices comme le toit, la façade, les rambardes de balcon, les toits de terrasse ou les abris pour voiture. Dans le BIPV, la place centrale n'est plus exclusivement occupée par la production énergétique classique, mais également par l'intégration architecturale, constructive et physique des éléments photovoltaïques. Parallèlement à la conversion de la lumière du soleil en énergie, les panneaux photovoltaïques remplissent différentes fonctions comme la protection contre les intempéries, l'isolation thermique, l'ombrage, l'esthétique ou l'isolation phonique.³⁹

Pourquoi opter pour le BIPV?

Pour les nouvelles constructions ainsi que pour les rénovations nécessaires, BIPV offre de nombreux avantages par rapport aux bâtiments et installations photovoltaïques usuels. Les

³⁸ "BIPV " building integrated photovoltaic ", solarmarkt 2020, accessed 20 octobre 2020, 2020, <https://www.solarmarkt.ch/fr/connaissances-solaires/aperçu/bipv>.

³⁹ Kalmbach, "BIPV " building integrated photovoltaic "."

économies réalisées lors de la fabrication représentent un avantage élémentaire du photovoltaïque intégré aux bâtiments. Les matériaux de construction comme les tuiles ou les matériaux de revêtement sont remplacés par des panneaux. Ces éléments de construction multifonctionnels peuvent être supérieurs aux éléments de construction conventionnels du point de vue économique et écologique pendant tout leur cycle de vie. De plus, ils offrent aux propriétaires la possibilité de satisfaire aux directives énergétiques relatives aux bâtiments, qui se durcissent de plus en plus. Avec l'intégration de panneaux photovoltaïques dans l'enveloppe des édifices, les générateurs d'électricité s'insèrent esthétiquement dans l'environnement et contribuent de manière significative à la transition énergétique. Parallèlement à la production d'électricité, les éléments photovoltaïques assurent des fonctions classiques comme l'isolation thermique, la protection contre le vent et les intempéries ainsi que des fonctions architecturales.⁴⁰

III.2.1 Conclusion :

La conception solaire hybride représente une stratégie prometteuse pour intégrer les énergies renouvelables dans l'architecture contemporaine. En mobilisant les principes du solaire passif, tels que l'ombrage, la masse thermique ou la ventilation naturelle, cette approche permet de concevoir des bâtiments à faible impact environnemental tout en améliorant le confort des usagers. Malgré certaines contraintes, elle ouvre la voie à une architecture plus responsable, capable de répondre efficacement aux exigences du développement durable.

⁴⁰ Kalmbach, "BIPV " building integrated photovoltaic "."

IV Chapitre 3 : l'analyse des exemples :

IV.1 Introduction : Dans ce chapitre, nous allons entamer l'analyse de plusieurs centres de recherche reconnus à l'échelle mondiale. Cette analyse a pour objectif de comprendre les différentes approches adoptées dans la conception de ces infrastructures scientifiques, ainsi que d'obtenir une vue d'ensemble claire du programme fonctionnel d'un centre de recherche. En examinant ces exemples, nous pourrions identifier les meilleures pratiques et les éléments clés qui contribuent à l'efficacité, à l'innovation et à la durabilité de ces établissements dédiés à la recherche.



Figure 19: la carte géographique selon le climat

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

J'ai choisi quatre centres de recherche pour cette analyse : deux situés en climat méditerranéen, afin d'étudier leur adaptation aux conditions climatiques (chaleur, ensoleillement, ventilation, matériaux... etc.), et deux autres pour la richesse de leur conception architecturale, indépendamment du climat. Ce double choix me permet d'explorer à la fois l'architecture bioclimatique et l'innovation formelle, afin de mieux comprendre les enjeux actuels dans la conception des centres de recherche.

IV.2 Exemple 1: biosciences Research building (BRB):

IV.2.1 Présentation du projet:

- Adresse: Galway, en Irlande
- Superficie : 8000m²
- Année de réalisation : 2009
- Architect: Reddy Architecture and Urbanism



Figure 20: biosciences research building (BRB)

<https://archello.com/fr/project/biosciences-research-building>

IV.2.2 Situation :

Le **Biosciences Research Building (BRB)** est situé sur le campus nord de l'Université nationale d'Irlande à Galway n Irlande. Implanté dans une prairie vallonnée près de la rivière Corrib, le bâtiment bénéficie de vues dégagées dans toutes les directions. Cette localisation stratégique fait du BRB la première phase du nouveau quartier scientifique du campus nord, établissant une nouvelle voie piétonne qui relie ce quartier scientifique au cœur du campus historique.



Figure 21: plan de situation du projet BRB
<https://www.google.com/maps/>

Processus de conception



Vue en plan



Vue en élévation



le rectangle est légèrement incliné pour l'adapter au terrain



L'addition de 2 cubes sur les extrémités et les surélevés pour créer un passage couvert

IV.2.3 Analyse des plans :

Le bâtiment adopte une forme linéaire, avec une légère inclinaison qui reflète le profil de la rivière Corrib voisine. Cette orientation maximise les vues panoramiques et l'apport de lumière naturelle.

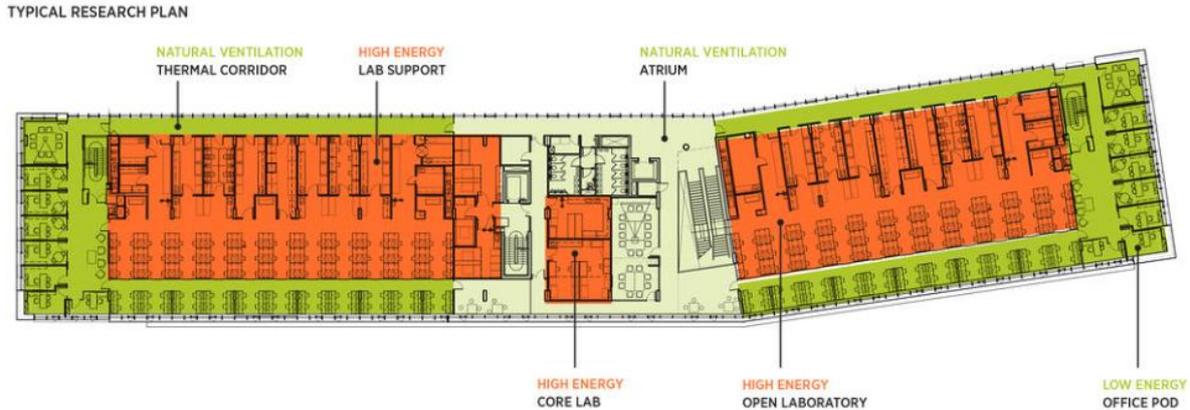


Figure 22: plan du projet BRB
<https://www.aiatopten.org/node/517>

Atrium central : Un atrium traversant sur trois niveaux sépare les deux grandes suites de laboratoires. Cet espace central sert de point de convergence, favorisant les interactions entre les différentes zones du bâtiment.

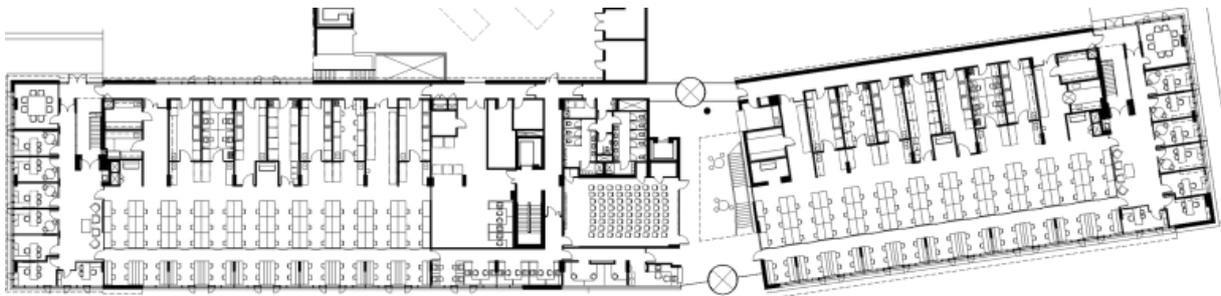


Figure 23: plan du projet BRB
<https://www.aiatopten.org/node/517>

Deux vastes suites de laboratoires ouverts sont orientées vers la rivière, offrant des environnements de travail flexibles et lumineux. Cette configuration favorise la collaboration entre les chercheurs et optimise l'utilisation de l'espace.

Cet organigramme spatial est bien structuré, distinguant les espaces et leurs relations (fortes en rouge, faibles en noir). Il permet de comprendre l'organisation mais pourrait être amélioré par une légende des couleurs et une simplification des connexions pour plus de lisibilité.

Horizontalité marquée :

La façade est structurée en bandes horizontales qui créent une continuité visuelle. Les fenêtres alignées et les éléments en saillie accentuent cette horizontalité.



Figure 24: façade du projet BRB
<https://archello.com/fr/project/biosciences-research-building>

Rythme des ouvertures :

Les grandes fenêtres sont régulièrement espacées, offrant une lecture rythmée de la façade. Cela témoigne d'un souci de fonctionnalité et d'éclairage naturel pour les espaces intérieurs.



Figure 25: façade du projet BRB
<https://www.aiatopen.org/node/517>

casse l'horizontalité par des panneaux verticaux



Figure 26: façade du projet BRB
<https://www.aiatopen.org/node/517>

Le rapport plein et vide :

Façade principale :80% vide , 20% plein Façade postérieure : 30% vide, 70%plein

-Le RDC est marqué grâce au revêtement sombre (basalte)

On remarque un élément d'articulation marqué par une petite extraction de la façade et le changement de la texture sur les autres étages

Matériaux et textures :

Enduit clair :La majeure partie de la façade est revêtue d'un enduit blanc ou clair, reflétant une esthétique minimaliste et épurée tout en créant une luminosité naturelle pour l'extérieur.

Éléments en verre :Les fenêtres occupent une grande partie de la façade, favorisant une interaction visuelle entre l'intérieur et l'environnement extérieur, tout en maximisant l'apport de lumière naturelle.

Base sombre :Une base sombre (probablement en pierre ou en panneaux composites) contraste



Figure 27: façade du projet BRB
<https://www.aiatopten.org/node/517>

Fenêtres en ruban :

Elles assurent une lumière uniforme dans les espaces de travail. Ce design favorise aussi la ventilation naturelle et réduit les besoins en éclairage artificiel.

Connexion avec le paysage :

Les espaces verts autour du bâtiment sont visibles à travers les larges ouvertures, créant un lien harmonieux avec l'environnement naturel.

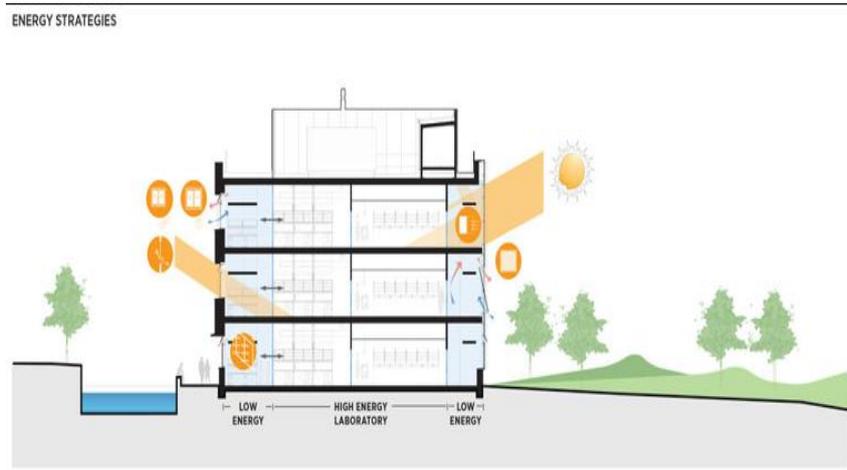


Figure 28: coupe du projet BRB
<https://www.aiatopten.org/node/517>

Protection solaire :

Certaines parties de la façade comportent des éléments en saillie, qui peuvent servir de brise-soleil passifs, limitant la surchauffe à l'intérieur en été.

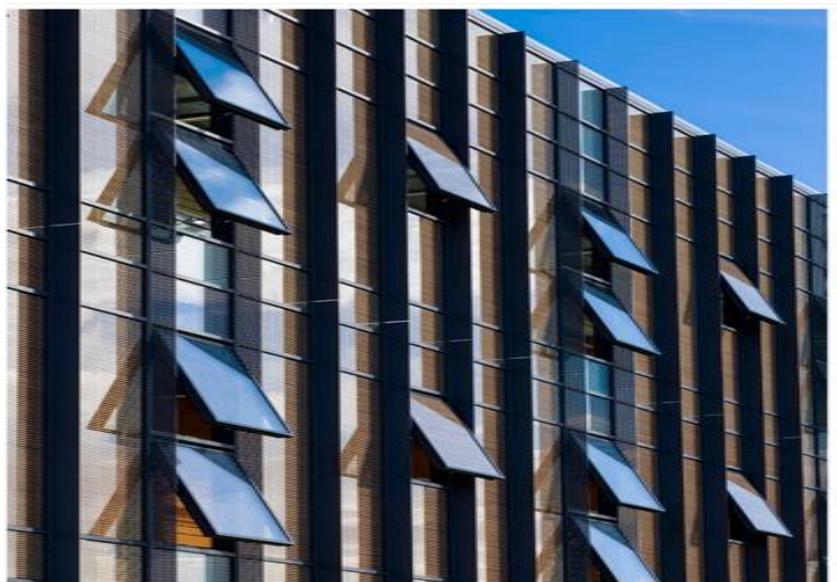


Figure 29: les ouvertures dans la façade du projet BRB
<https://www.aiatopten.org/node/517>

Synthese : Le **Biosciences Research Building** est un exemple d'architecture contemporaine combinant durabilité, fonctionnalité et esthétique.

Organisation fonctionnelle : espaces différenciés pour laboratoires, bureaux et zones de support, favorisant efficacité et collaboration.

Stratégies écologiques : collecte des eaux de pluie, végétation résistante à la sécheresse, pavés perméables, gestion énergétique optimisée.

Éléments bioclimatiques : brise-soleil, ventilation naturelle, vitrages favorisant la lumière tout en contrôlant la chaleur.

Esthétique minimaliste : façades en enduit clair, vitrages en ruban et base sombre pour une harmonie visuelle.

Confort et accessibilité : espaces lumineux, connectés à la nature, avec un accès fonctionnel pour tous.

IV.3 Exemple 2: Centre de recherche Sahnri



Figure 30: projet sahmri
<https://sahmri.org.au/>

IV.3.1 1 Présentation :

- **Adresse:** Adelaïde, Australie
- **Superficie** : 25000m²
- **Année de réalisation** ; 2014

IV.3.2 Situation géographique :

Le South Australian Health and Medical Research Institute (SAHMRI) est situé sur North Terrace, à Adelaïde, en Australie-Méridionale. Il se trouve au cœur de l'Adelaide BioMed City, le plus grand complexe de recherche en santé et en médecine de l'hémisphère sud.

Le bâtiment est adjacent au Royal Adelaide Hospital et à d'autres institutions médicales et éducatives, formant un pôle central pour la recherche biomédicale dans la région.

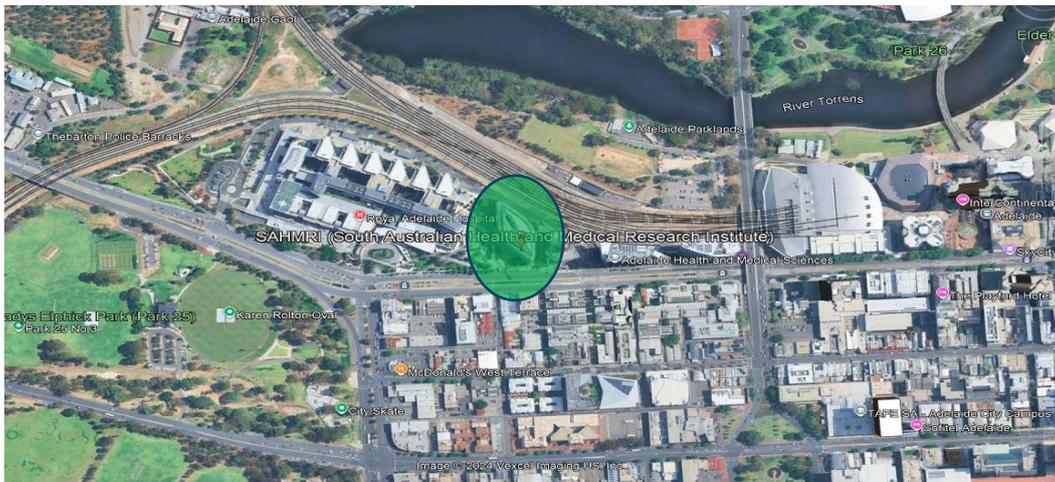
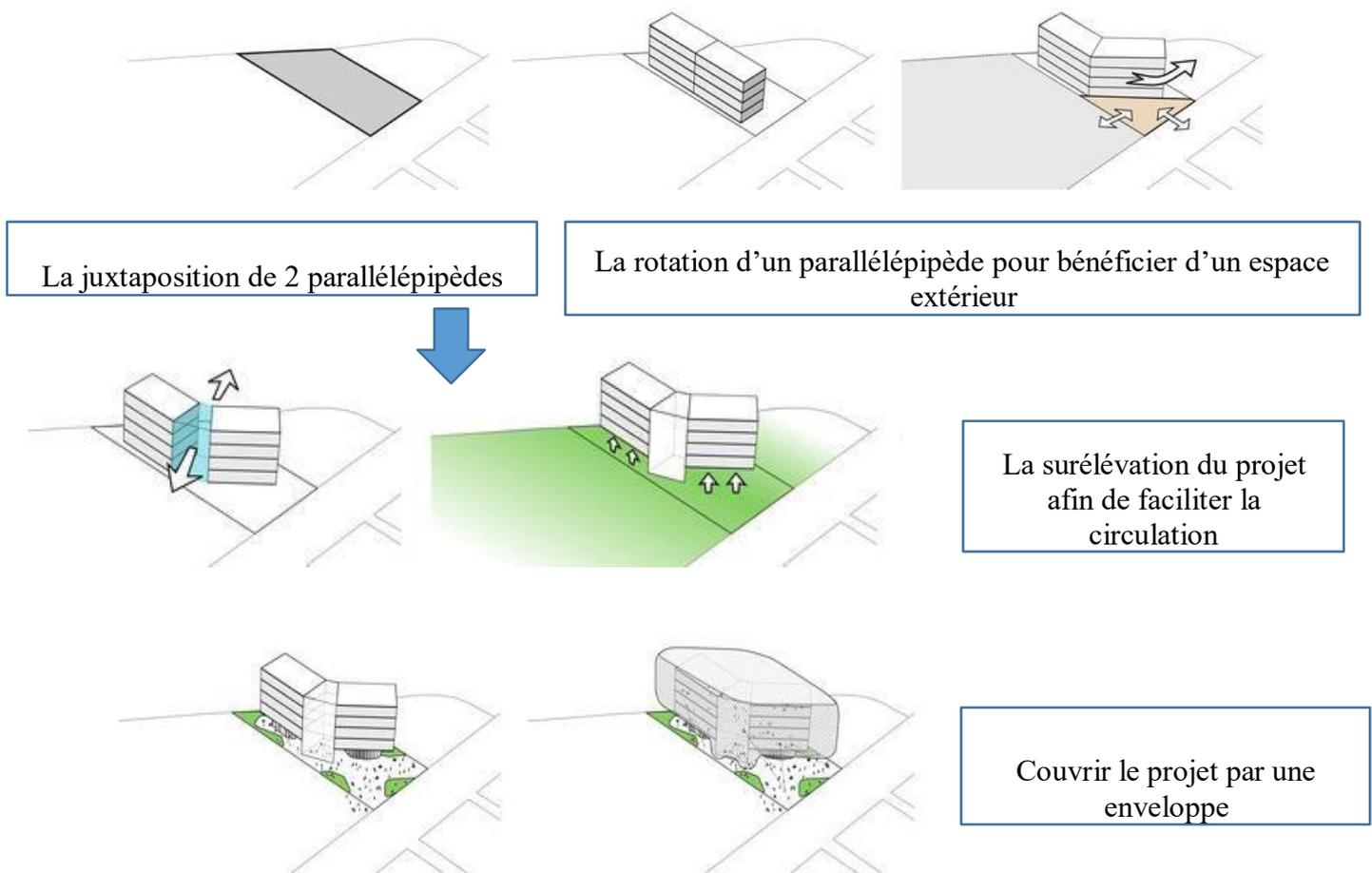


Figure 31: situation du projet sahmri
<https://www.google.com/maps/>

IV.3.3 processus de conception :



IV.3.4 Volumétrie:

Le bâtiment présente une forme en diamant surélevée, permettant aux espaces paysagers de s'étendre en dessous et favorisant une intégration harmonieuse avec l'environnement urbain .

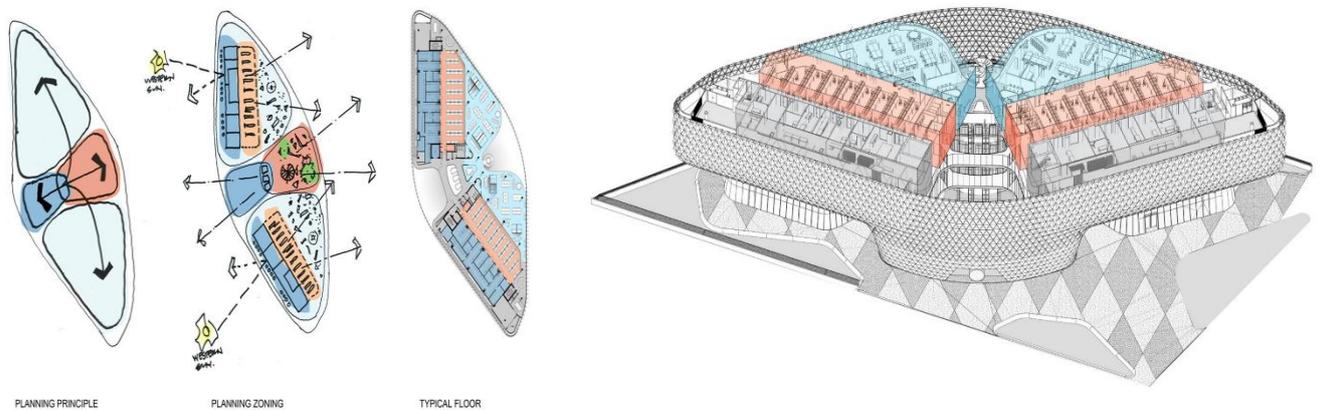


Figure 32: volume du projet sahmri

<https://en.wikiarquitectura.com/building/sahmri-south-australian-health-and-medical-research-institute/>

Cette configuration offre également une flexibilité maximale pour l'aménagement des espaces intérieurs.

IV.3.5 Analyse des plans :

Le SAHMRI s'étend sur 10 niveaux, dont sept au-dessus du sol et trois en sous-sol, couvrant une superficie totale d'environ 25 000 mètres carrés. Le bâtiment est conçu pour accueillir jusqu'à 700 chercheurs, répartis dans neuf modules de laboratoires flexibles, adaptés aux besoins changeants des équipes de recherche.

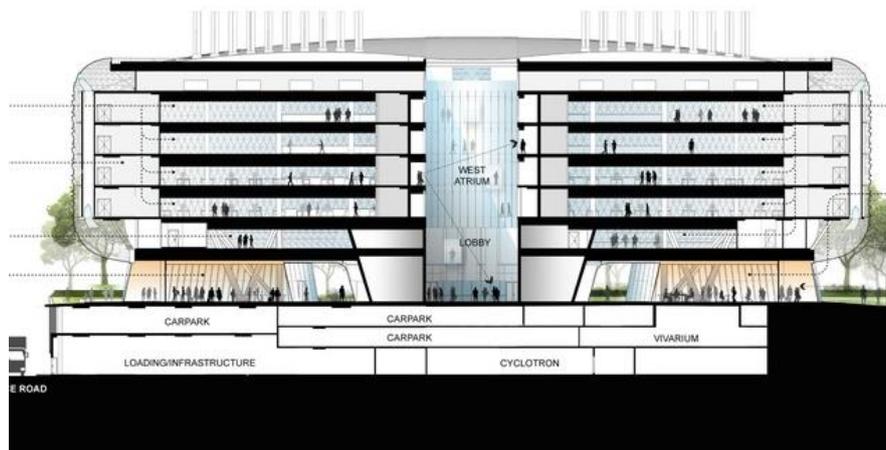


Figure 33: coupe du projet sahmri

<https://www.archdaily.com/454746/in-progress-sahmri-woods-bagot-woods-bagot>

Les laboratoires sont organisés en espaces ouverts, favorisant la collaboration et l'interaction entre les chercheurs. Chaque module comprend des zones de travail humides et sèches, permettant une transition fluide entre différentes activités de recherche. Les espaces de travail sont modulables, allant de plans ouverts à des salles de réunion fermées et des zones de tranquillité, répondant aux besoins variés des utilisateurs.

Les circulations horizontales (couloirs principaux) sont disposées de manière à optimiser l'accès aux différents espaces.

Les circulations verticales (escaliers ou ascenseurs) connectent directement le sous-sol au rez-de-chaussée. Ces points d'accès semblent positionnés stratégiquement pour réduire les temps de déplacement.

Les zones techniques semblent regroupées, ce qui optimise les réseaux d'infrastructures (eau, électricité, etc.).

Une hiérarchie claire dans les circulations est visible. Des axes principaux pour les déplacements rapides et les connexions entre volumes. Des chemins secondaires reliant les espaces intérieurs aux zones extérieures.



Figure 34: plan du projet sahmri

<https://www.archdaily.com/454746/in-progress-sahmri-woods-bagot-woods-bagot>

Figure 35: plan du projet sahmri

<https://www.archdaily.com/454746/in-progress-sahmri-woods-bagot-woods-bagot>

Ce niveau est centré sur la **convivialité et les interactions sociales**, avec une cafétéria (zone 8) comme point central, entourée de bureaux (10) et de salles de réunion (9). L'organisation favorise les échanges informels et l'accès rapide aux espaces de travail.

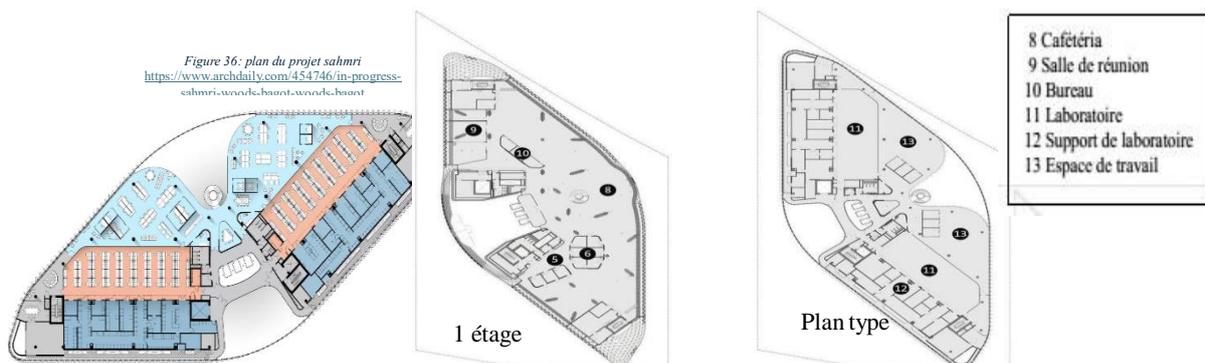


Figure 36: plan du projet sahmri
<https://www.archdaily.com/454746/in-progress-sahmri-woods-bagot-woods-bagot>

Utilisation du principe de la Peau vivante dans le traitement des façades Inspirée de la peau d'une pomme de pin, la façade triangulaire unique répond à son environnement comme un organisme vivant.



Figure 38: façade du projet sahmri

<https://www.archdaily.com/454746/in-progress-sahmri-woods-bagot-woods-bagot>

Matériaux et durabilité:

Les panneaux de la façade sont fabriqués à partir d'aluminium léger et durable, associé à du verre performant pour assurer une isolation thermique et acoustique optimale.

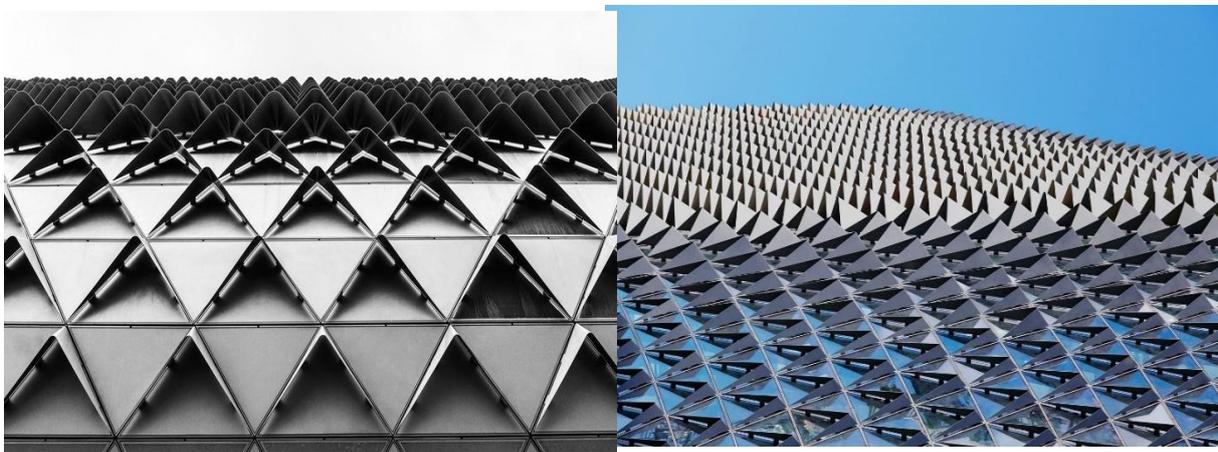


Figure 39: façade du projet sahmri

<https://www.archdaily.com/454746/in-progress-sahmri-woods-bagot-woods-bagot>

IV.3.7 Approche écologique :

Utilisation du principe de la Peau vivante dans le traitement des façades,

Elle agit comme un pare-soleil articulé qui traite la lumière du soleil, de la charge thermique, de l'éblouissement et du vent, tout en préservant la vue et la lumière du jour.

Utilisation des outils de modélisation paramétrique pour intégrer les exigences environnementales, programmatiques et formelles à la façade.

La forme de l'occultation change selon l'orientation.

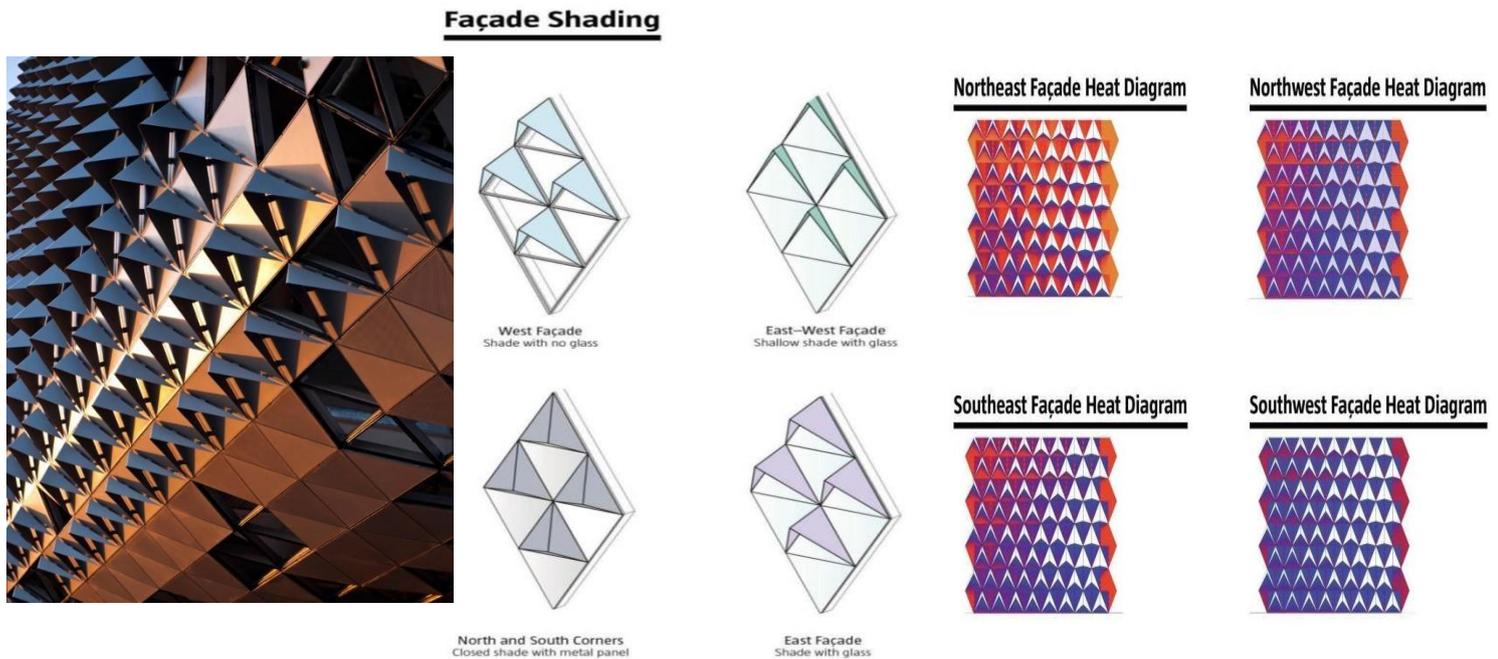


Figure 40: les éléments perforé sur la façade du projet sahmri
<https://www.archdaily.com/454746/in-progress-sahmri-woods-bagot-woods-bagot>

IV.3.8 Synthèse

- **Conception architecturale innovante**
 - Bâtiment futuriste avec une enveloppe perforée optimisant la lumière naturelle et la ventilation.
 - Forme organique et structure dynamique qui se distingue dans le paysage urbain.
- **Performance énergétique et durabilité**
 - Intégration de principes de conception bioclimatique.
 - Usage de matériaux innovants pour améliorer l'efficacité thermique.
- **Fonctionnalité et impact scientifique**
 - Centre de recherche de pointe dédié aux avancées en santé et médecine.
 - Environnement de travail moderne favorisant l'innovation et la collaboration scientifique.

IV.4 Exemple 3: Chu Hall - Centre de Recherche sur l'Énergie Solaire



Figure 41: projet CHU HALL- centre de recherche sur l'énergie solaire
<https://www.archdaily.com/775388/chu-hall-solar-energy-research-center-smithgroupjir>

IV.4.1 Présentation :

Nom du projet : Chu Hall - Centre de Recherche sur l'Énergie Solaire

Architecte : SmithGroup

Localisation : Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, Californie, États-Unis

Surface : Environ 3 600 mètres carrés (39 000 pieds carrés)

Coût de construction : 59 millions de dollars

Date d'achèvement : 2015

Chu Hall, également connu sous le nom de Centre de Recherche sur l'Énergie Solaire (Solar Energy Research Center), est une installation de pointe située au Lawrence Berkeley National Laboratory (Berkeley Lab) en Californie, dédiée à la recherche sur les énergies alternatives, notamment la photosynthèse artificielle.

IV.4.2 Situation géographique

est situé au Lawrence Berkeley National Laboratory (Berkeley Lab) à Berkeley, en Californie, États-Unis. Le bâtiment se trouve dans le quartier historique du

laboratoire, connu sous le nom de "Old Town", immédiatement à l'est du bâtiment 26 (Medical) sur McMillan Road. [Berkeley Lab Relations](#)

Cette localisation sur une colline offre des vues panoramiques sur la baie de San Francisco et s'intègre harmonieusement dans l'environnement naturel des collines de Berkeley.

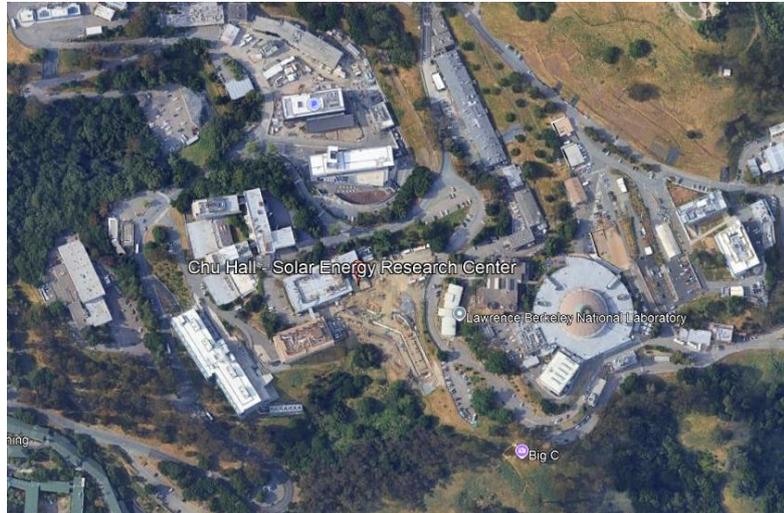


Figure 42: situation du projet CHU HALL
<https://www.google.com/maps/>

IV.4.3 volumétrie

Chu Hall, conçu par SmithGroup, présente une volumétrie en trois niveaux, parfaitement intégrée à la pente du Lawrence Berkeley National Laboratory :

Niveau 1 (La "Plinthe") : Semi-enterré, il abrite des laboratoires ultra-sensibles, protégés des vibrations et de la lumière.

Niveau 2 (Le "Breezeway") : Au rez-de-chaussée, il favorise l'interaction interdisciplinaire avec des bureaux, des espaces de travail et des salles de conférence.

Niveau 3 (Laboratoires humides) : En hauteur, il accueille des laboratoires nécessitant des installations techniques flexibles. L'ensemble est compact et fonctionnel, maximisant l'espace et intégrant harmonieusement la structure à la topographie pour encourager la collaboration et l'innovation.



Figure 43: projet CHU HALL

<https://www.archdaily.com/775388/chu-hall-solar-energy-research-center-smithgroupjjr>

IV.4.4 Analyse des plans :

- Laboratoires ouverts et de support pour favoriser la collaboration et l'expérimentation.
- Espaces de bureaux (ouverts et privés) pour un équilibre entre réflexion individuelle et travail d'équipe.
- Zones d'interaction stratégique pour encourager l'échange d'idées.



Figure 44: plan du projet CHU HALL

<https://www.archdaily.com/775388/chu-hall-solar-energy-research-center-smithgroupjjr>

Laboratoire ouvert
 Laboratoire de support
 Bureau ouvert
 Bureau privé
 Espace d'interaction
 Circulation verticale
 Support du bâtiment
 Bureau technique du laboratoire

Le plan d'étage souterrain de Chu Hall met l'accent sur des laboratoires ouverts (zones jaunes) pour favoriser la collaboration, avec des espaces de support (zones grises) stratégiquement positionnés. Les circulations verticales (zones rouges) assurent la connectivité entre les niveaux, et les postes techniques (zones bleues) facilitent la gestion des activités. La conception est fonctionnelle, flexible et optimisée pour la recherche scientifique et les besoins futurs.

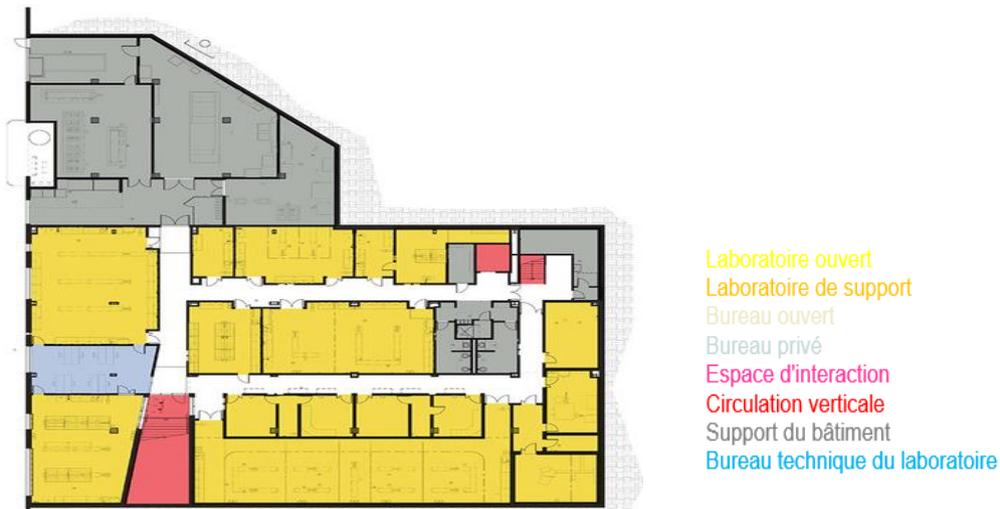


Figure 45: plan du projet CHU HALL

<https://www.archdaily.com/775388/chu-hall-solar-energy-research-center-smithgroupjir>

IV.4.5 Analyse des façades :

La façade de Chu Hall, conçue par SmithGroup, ne présente pas de symétrie traditionnelle. Les ouvertures de tailles et de formes variées sont disposées de manière asymétrique, créant une composition dynamique et contemporaine. Cette asymétrie permet une modulation précise de la lumière naturelle à l'intérieur, tout en offrant une esthétique moderne et épurée. Les fenêtres encastrées dans les panneaux métalliques argentés ajoutent de la profondeur à l'ensemble, sans suivre un schéma symétrique.



Figure 46: façade du projet CHU HALL

<https://www.archdaily.com/775388/chu-hall-solar-energy-research-center-smithgroupjir>

présente une composition qui met en valeur l'horizontalité. Les lignes horizontales sont accentuées par l'agencement des panneaux métalliques et les alignements des ouvertures, conférant au bâtiment une apparence étirée et stable. Cette horizontalité est renforcée par la disposition des fenêtres et des éléments architecturaux, qui suivent des lignes parallèles au sol, créant une continuité visuelle et une harmonie avec le paysage environnant.



Figure 47: façade du projet CHU HALL

<https://www.archdaily.com/775388/chu-hall-solar-energy-research-center-smithgroupjir>

IV.4.6 Approche écologique :

Efficacité Énergétique : La conception du bâtiment vise à minimiser la consommation énergétique grâce à une isolation performante, l'utilisation de matériaux recyclés et renouvelables, et une optimisation de l'éclairage naturel pour réduire la dépendance à l'éclairage artificiel

Aménagement Paysager : L'implantation du bâtiment sur une pente et l'aménagement de zones végétalisées favorisent l'intégration harmonieuse avec l'environnement naturel, tout en améliorant la qualité de l'air et en offrant des espaces de détente pour les occupants.



Figure 48: façade et coupe du projet CHU HALL

<https://www.archdaily.com/775388/chu-hall-solar-energy-research-center-smithgroupjir>

IV.4.7 Synthèse:

- **Architecture et conception**
 - Design moderne avec une structure compacte et épurée.
 - Utilisation de matériaux performants pour optimiser l'efficacité énergétique et l'éclairage naturel.
- **Objectifs scientifiques et technologiques**
 - Recherche avancée sur les nouvelles générations de cellules photovoltaïques.
 - Développement de solutions pour améliorer l'efficacité et le stockage de l'énergie solaire.
- **Durabilité et impact environnemental**
 - Intégration des principes de conception durable et des énergies renouvelables.
 - Réduction de l'empreinte carbone grâce aux innovations énergétiques.

IV.5 Exemple 4 : Centre de recherche Calla Lilly de L'université de Wuhan



Figure 49: centre de recherche Wuhan
<http://www.inew.cn/>

IV.5.1 Présentation du projet :

Situation	Chine
Architecte	Soeters Van Eldonk.
Date de construction	2013
Surface du terrain	80.000 m ²
Surface bâti	18.000 m ²
espace vert	32.000 m ²
Nombre d'étage	R+16
Hauteur	144m
Capacité d'accueil	2000 chercheurs et étudiants

Tableau 2: fiche technique du projet

Le Centre de l'énergie Wuhan est un institut de recherche dans le domaine des nouvelles sources



Figure 50: centre de recherche Wuhan
<http://www.inew.cn/>

d'énergie et la durabilité, C'est le bâtiment le plus économe en énergie dans le monde avec zéro émissions, aidant à atteindre la ville de Wuhan l'objectif de devenir la ville la plus durable en Chine, même si ses 9 millions d'habitants.

IV.5.2 Situation

Situé à Wuhan –chine qui est une nouvelle ville dans la chine

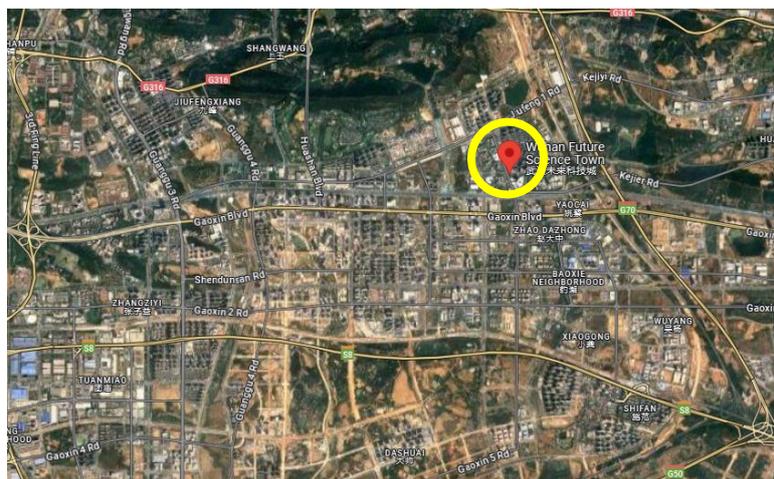


Figure 51: plan de situation
<https://www.google.com/maps/>

IV.5.3 Plan de masse

➤La tour de grande hauteur est polyvalente, la fonction principale est le bureau et recherche

➤ Les laboratoires sont en forme de feuilles élégantes qui sont reliés au bâtiment principal avec des ponts.

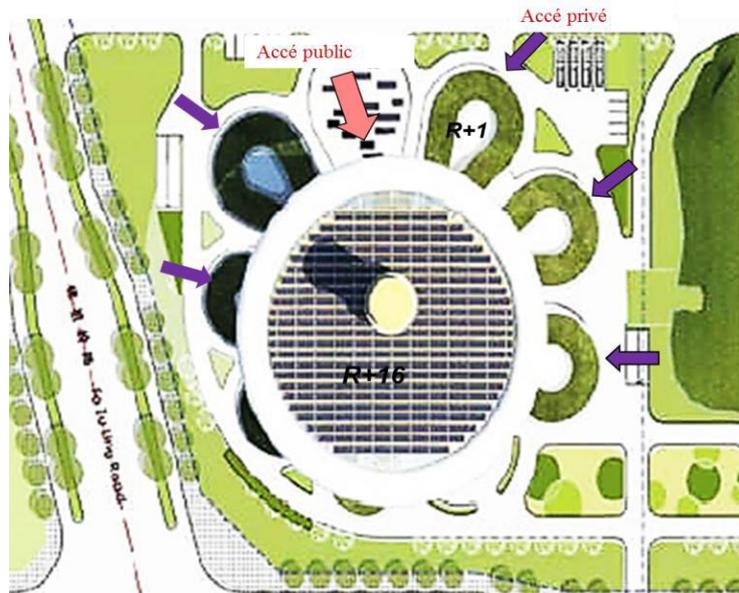


Figure 52: plan de masse
<http://www.mbdconsulting.com>



Centre d'exposition se trouve au coin sud-ouest du plan



IV.5.4 Volume :



Figure 54: volumétrie du centre
<http://www.inew.cn/>

Le bâtiment a une conception qui est inspiré par la "fleur de calla pour profiter de l'ombre générée par la tour elle - même pour protéger les étés chauds chinois.



Figure 53: source d'inspiration
<https://www.walmart.com/>

IV.5.5 Analyse des plans :

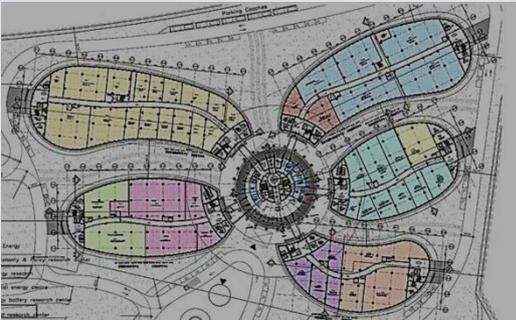
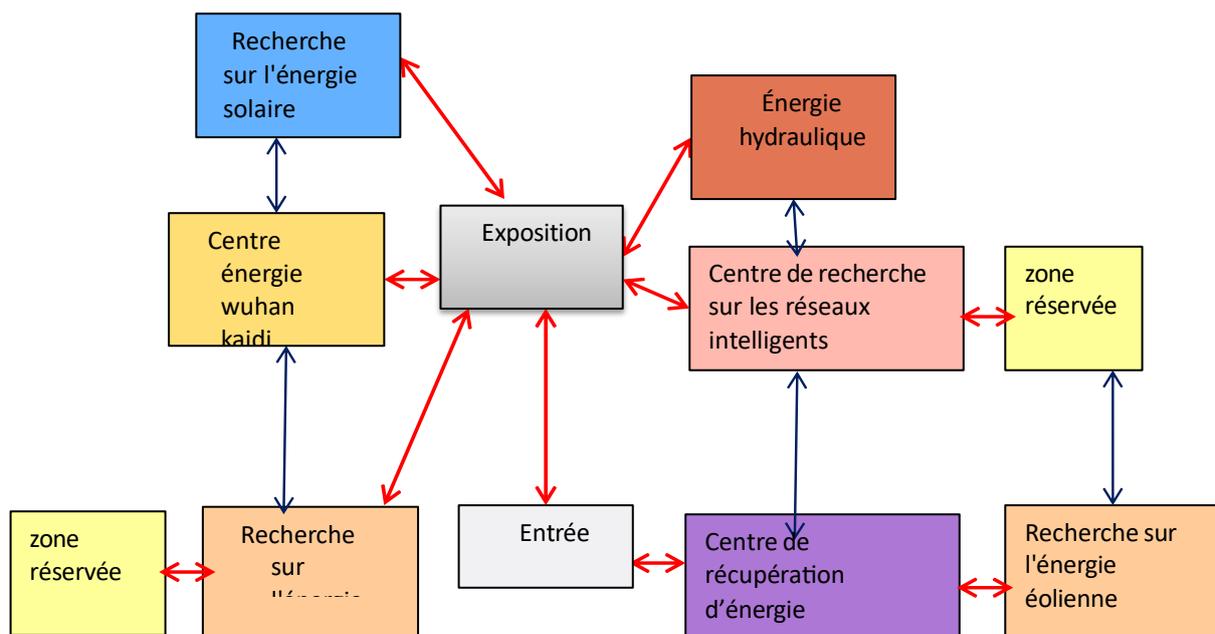
Niveau	plan
RDC	 <ul style="list-style-type: none"> Centre de recherche sur les réseaux intelligents Recherche sur l'énergie éolienne Zone réservée Centre de récupération d'énergie Recherche sur la biomasse Centre énergie wuhan kaidi Recherche sur l'énergie solaire Énergie hydraulique <p style="text-align: center;"><i>Figure 55: plan du centre de recherche Wuhan</i> http://www.robertbijl.com/</p>

Tableau 3: plan du centre de recherche

Organigramme fonctionnel :



IV.5.6 Analyse de Façade :

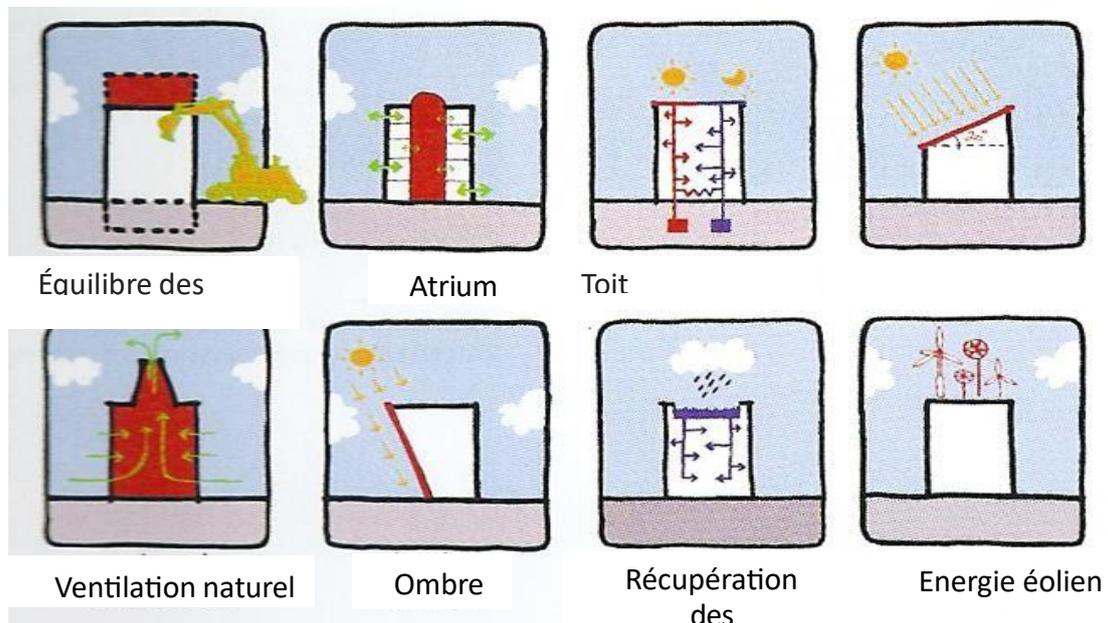


Figure 56: façade du centre wuhan
<http://www.mbdconsulting.com>

Matériaux : Verre + acier

Style contemporain

IV.5.7 stratégie bioclimatique :



IV.6 conclusion :

Ce chapitre présente une analyse approfondie de trois exemples de centres de recherche reconnus à l'échelle mondiale. L'analyse a révélé que la conception d'un centre de recherche constitue un défi majeur sur les plans environnemental, social, économique et fonctionnel. La conception de tels centres doit intégrer plusieurs aspects essentiels. Le projet doit refléter les spécificités scientifiques, les disciplines de recherche et la culture institutionnelle propre à chaque région, tout en étant emblématique de celle-ci. L'intégration du bâtiment doit s'harmoniser avec le paysage environnant, en valorisant au mieux l'environnement naturel. Par ailleurs, l'utilisation des énergies renouvelables et des stratégies durables est primordiale. Enfin, compte tenu de la complexité et de l'ampleur des activités menées, la technologie joue un rôle central dans la gestion, l'organisation et l'exploitation efficaces des centres de recherche.

IV.7 Le programme retenue :

Fonctions	Espaces	Sous espaces	nombre	Surface unitaire(m ²)	Surface Total (m ²)
administration	Administration	Espace d'attente	1	25	205
		Bureau de secretariat	1	15	
		Bureau de directeur	1	30	
		Bureau de comptabilité	1	25	
		Bureau de service de coordinations	1	20	
		Bureau d'information scientifique	1	20	
		Salle d'archive	1	20	
		Salle de réunion	1	50	
culture	médiathèque	Hall d'entrée	1	50	690
		Comptoir de prêt	1	10	
		Stockage livre	1	100	
		Salle de lecture	1	250	
		Salle d'internet	1	200	

		Sale de lecture de groupes	4	20	
formation	auditorium	Salle 300p Scène	1	500	880
		Bureau	1	50	
		Box de projection	1	20	
			1	10	
	Salle d'exposition	Permanente Temporaire	2	100	
			1	100	
restauration	restaurant	Cuisine	1	80	625
		Salle de restauration	1	200	
		Stockage	1	45	
		Local de déchets	1	20	
		Chambre froide	1	20	
		Vestiaire	1	10	
	Cafeteria	Salle de préparation	1	50	
		Cafeteria	1	150	
		Stockage	1	30	
		Vestiaire	1	20	
Recherche	Laboratoire de l'énergie solaire				
laboratoires		Salle d'expérimentation photovoltaïque	1	60	628
		Laboratoire de recherche sur les matériaux	1	60	
		Laboratoire thermique solaire	1	60	
		Chambre climatique contrôlée	1	60	
		Zone de prototypage et fabrication	1	60	
		Centre de formation et de démonstration	1	60	
		Bureaux de chercheurs		1	
Laboratoire de biomasse et bioénergie					
laboratoires		Zone de stockage et de préparation de la biomasse	1	60	350
			1	60	
		Laboratoire de caractérisation des matières pre	1	60	
		Salle de modélisation et de simulation	1	60	
		Centre de formation et de démonstration			
Bureaux de chercheurs		1	15		
Laboratoire de recherche environnementale					
laboratoires		Laboratoire de qualité de l'air	1	60	438
		Laboratoire de qualité de l'eau			
		Laboratoire de science des sols	1	60	
		Laboratoire d'analyse des déchets et de recyclage	1	60	
			1	60	
	Bio banque	1	60		

	Bureaux de chercheurs		1	15	
	laboratoire de l'hydrogène et des piles à combustible				
	laboratoires	Zone de production d'hydrogène	1	60	1718
		Laboratoire de stockage de l'hydrogène	1	60	
		Laboratoire de piles à combustible	1	60	
		Laboratoire de matériaux pour hydrogène	1	60	
		Chambre climatique pour tests environnementaux	1	60	
	Bureaux de chercheurs		1	15	
	Jardin d'expérience		1	480	
	Jardin potager		1	800	
Technique	Locaux techniques	Locale des déchets	1	20	530
		Locale de stockage de matériel	1	100	
		Locale de stockage de produit			
		Local de gestion solaire	1	100	
		Local d'entretien d'eau pour les techniciens	1	50	
		Vestiaires	1	50	
		Local ménage	1	30	
		Bâche à eau			
				1	
			1	100	
service	sanitaire		3	50	200
	infirmierie		1	50	
	Parking				
	Surface utile				6265
	Surface de circulation 30%				1880
	Surface totale de bâtis				8145

Conclusion :

Les exemples analysés montrent que l'intégration de l'énergie solaire dans l'architecture permet d'atteindre à la fois des objectifs écologiques et fonctionnels. Grâce à des choix de conception adaptés au contexte, ces projets offrent des solutions innovantes pour réduire l'impact environnemental. Cette étude met en évidence des principes clés de l'architecture bioclimatique, utiles pour orienter le projet à développer dans la suite du mémoire.

V CHAPITRE 4 : Analyse de site

V.1 Introduction :

Ce chapitre offrira une vue d'ensemble de la wilaya de Guelma, accompagnée d'un diagnostic du secteur de la santé mentale dans la région. L'objectif est d'identifier les principales problématiques auxquelles ce secteur est confronté, en vue de proposer des réponses adaptées. Par la suite, une analyse du site d'intervention sera menée afin de garantir une intégration cohérente du projet proposé. Cette analyse, croisée avec l'étude des exemples précédents, permettra de définir et de développer le programme de surface du projet.

V.2 Motivation du choix:

Selon les exemples étudiés, il a été constaté que les centres de recherche sont généralement situés à proximité ou au cœur des campus universitaires. Par ailleurs, une poche d'espace disponible a été identifiée dans la partie nord du campus universitaire de Guelma. Cette opportunité idéale permet d'envisager l'aménagement de ce terrain en un centre de recherche dédié aux énergies renouvelables.

V.3 Présentation du site

Situation géographique:

A l'échelle nationale : Guelma est une wilaya de l'EST Algérien elle se situe à 290m d'altitude et à 537 km d'Alger, à 60 km de la mer Méditerranée, à 150 km de la frontière tunisienne, sur une superficie de 4101 Km².

A l'échelle regional :

La ville de Guelma se trouve au carrefour de grandes villes comme Annaba, Skikda et Constantine, elle est limitée au

- Nord par Annaba (65 km).
- Nord –Est par El-taref.
- Nord-Ouest par Skikda.
- l'Ouest par Constantine (46km).
- Sud par Oum El-Bouaghi .
- l'Est par Souk Ahras.

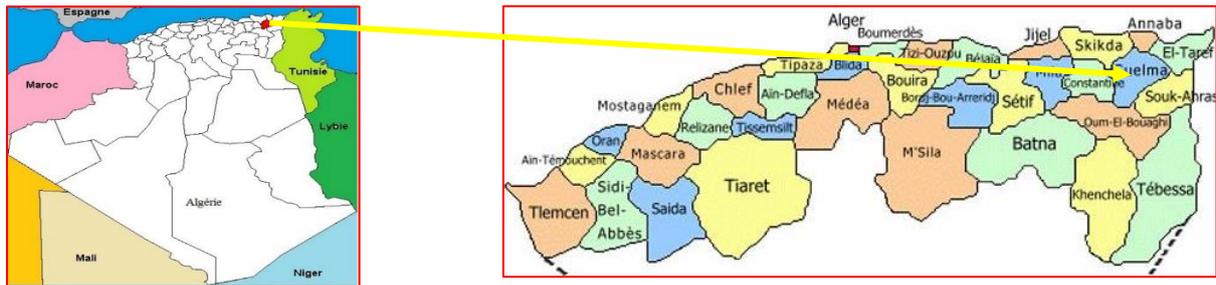


Figure 57: carte de la wilaya de Guelma

<https://gifex.com/fr/fichier/quelles-sont-les-dairas-de-la-wilaya-de-guelma/>

A l'échelle locale :

Guelma se situe à la cour d'une grande région agricole entourée de montagne (Maouna, Dbegh, Houara), ce qui lui donne le nom de ville assiette, elle est limitée :

- Nord par la daïra de Héliopolis et la commune d'El fedjouj.
- A l'est et sud-est par la commune de Belkhir.
- Au sud-ouest par la commune de Ben djerah.
- A l'ouest par la commune de Medjaz Ammar

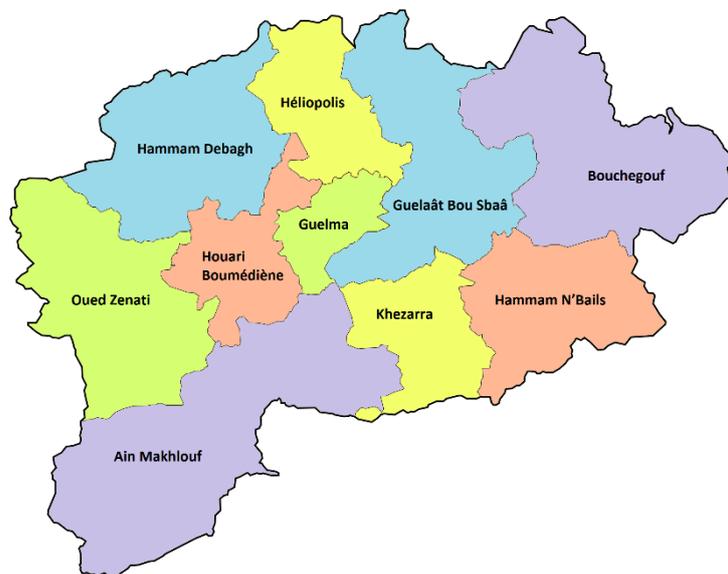


Figure 58: carte de la wilaya de Guelma

<https://gifex.com/fr/fichier/quelles-sont-les-dairas-de-la-wilaya-de-guelma/>

V.4 Le terrain choisi

Le terrain se situe dans l'Université 08Mai 1945 au sud de la ville de Guelma.



Figure 59: le terrain choisi
<https://www.google.com/>



Figure 60: carte de la wilaya de Guelma
<https://gifex.com/fr/fichier/quelles-sont-les-dairas-de-la-wilaya-de-guelma/>

V.5 Aperçu historique :

Guelma c'est l'une des villes anciennes de l'Algérie. Des inscriptions trouvées à Guelma prouvant que la région a été civilisée depuis l'époque des Romains et la turque. Les empreintes historiques marquent l'existence de plusieurs civilisations



Figure 61: Repères archéologiques de Guelma
<https://guelma.mta.gov.dz/>

V.6 Le climat .

le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été.

La température qui varie de 4° C en hiver à 35.4°C en été, est en moyenne de 17,3° C.

L'altitude moyenne est 436m.

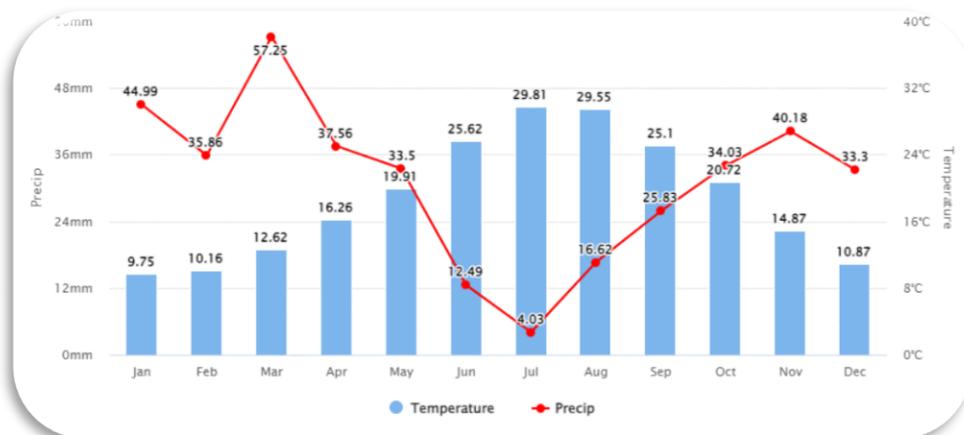


Figure 62: graphique représente les données climatiques mensuelles de Guelma
<https://www.wofrance.fr/weather/maps/>

V.7 Analyse du terrain

V.7.1 La situation:

Le terrain se situe dans la partie nord de l'université de Guelma



Figure 63: situation du projet
<https://www.google.com/>

V.7.2 Analyse physique

1 1-La morphologie:

La forme : le terrain a une forme irrégulière avec:

une superficie de : 32000 m²

Un périmètre de : 717m



Figure 64: situation du projet
<https://www.google.com/>

✓ La topographie :

Le terrain présente des pentes douces et régulières dans les deux directions, ce qui le rend hautement propice à l'implantation d'un projet architectural durable. L'orientation du site et ses légères déclivités sont des atouts pour l'optimisation de l'ensoleillement, la ventilation naturelle, et l'intégration de technologies solaires passives et actives. Ces caractéristiques renforcent la pertinence du choix du site pour accueillir un centre de recherches en énergies renouvelables.

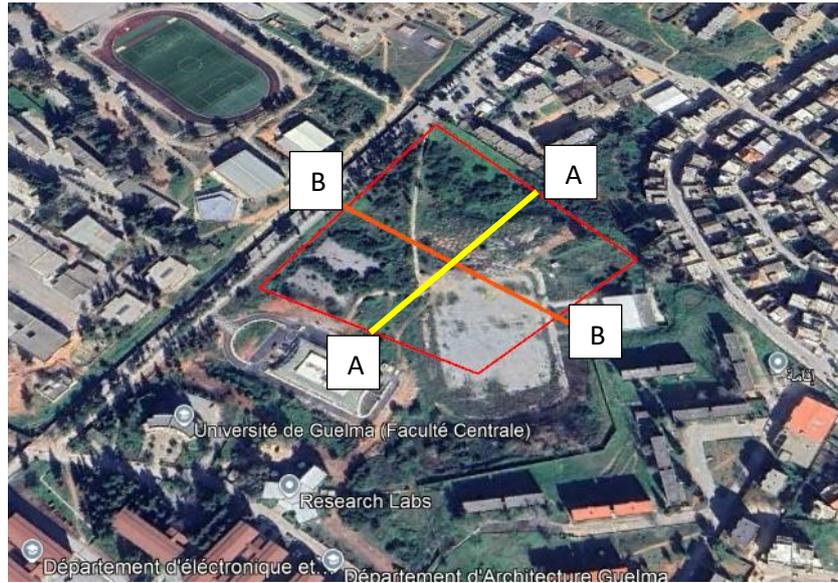


Figure 66: les coupes topographique du terrain

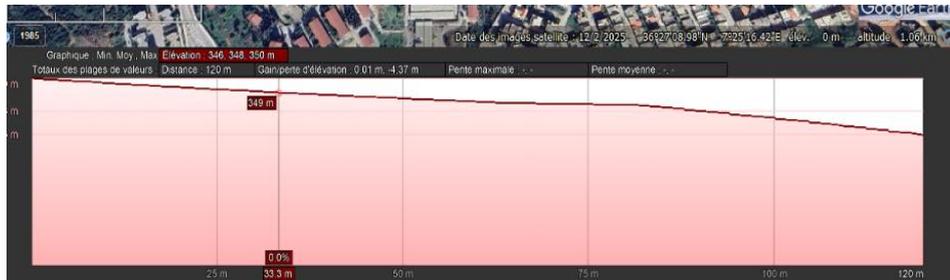


Figure 65: coupe topographique A-A



Figure 67: coupe topographique B-B

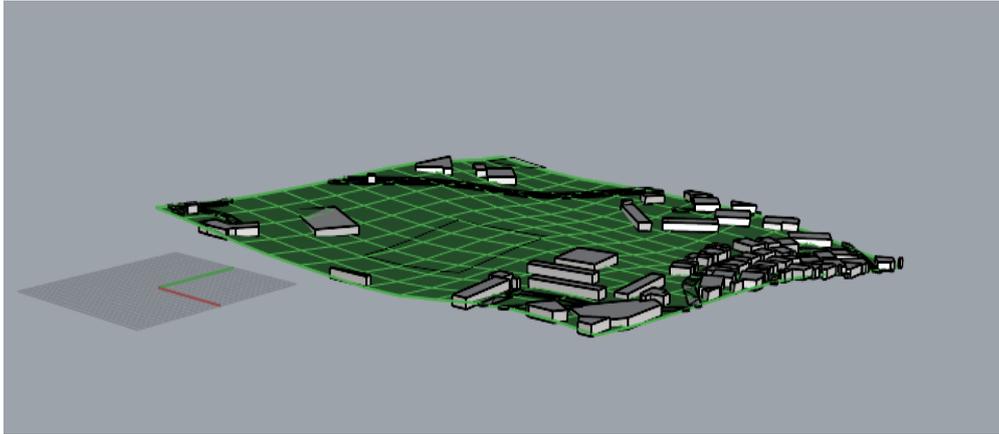


Figure 68: topographie du projet
<https://www.rhino3d.com/>

3. La climatologie:

On remarque que notre terrain est bien exposé au soleil, dans laquelle la grande partie de notre terrain est orientée vers le sud (vers la zone favorable).

vitriification des vents dominants :

On remarque que notre terrain est exposée aux vents dominants d'hiver et d'été qui vient du nord-ouest et sud-est ;aussi il bénéficie des brises d'été qui vient du nord-est, ainsi qu'il y a pas des obstacles qui protègent notre terrain de ces vents.

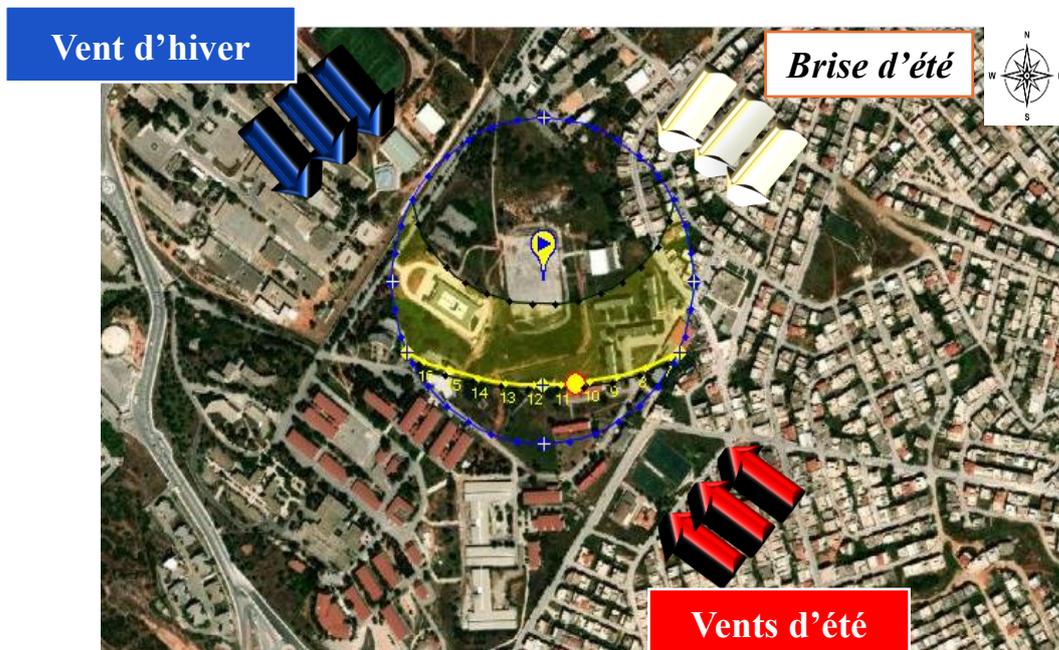
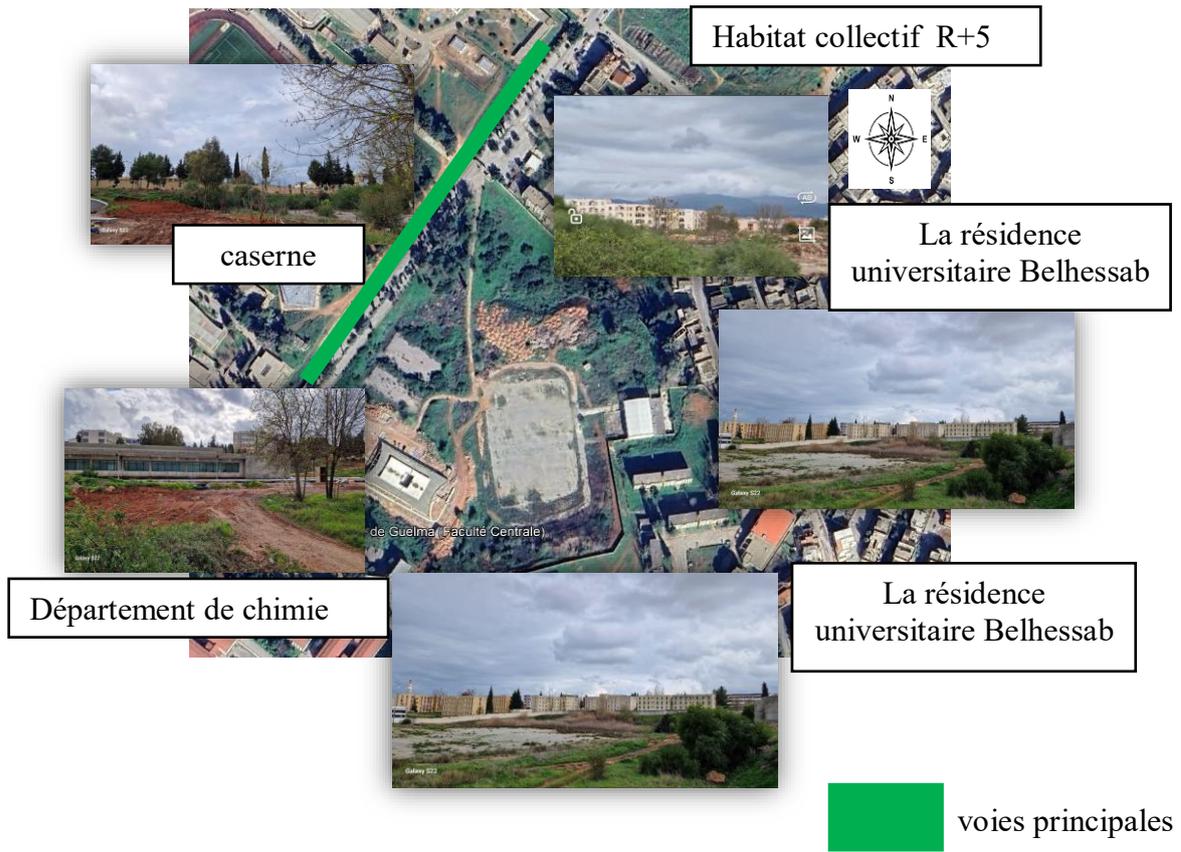


Figure 69: climatologie du projet
<https://earth.google.com/web/>

1. 2-L'environnement immédiat



2-Le flux Pour le flux: La voie qui accèdent à notre terrain a un flux mécanique et piétonne moyenne et faible ; parce que la zone est une zone universitaire

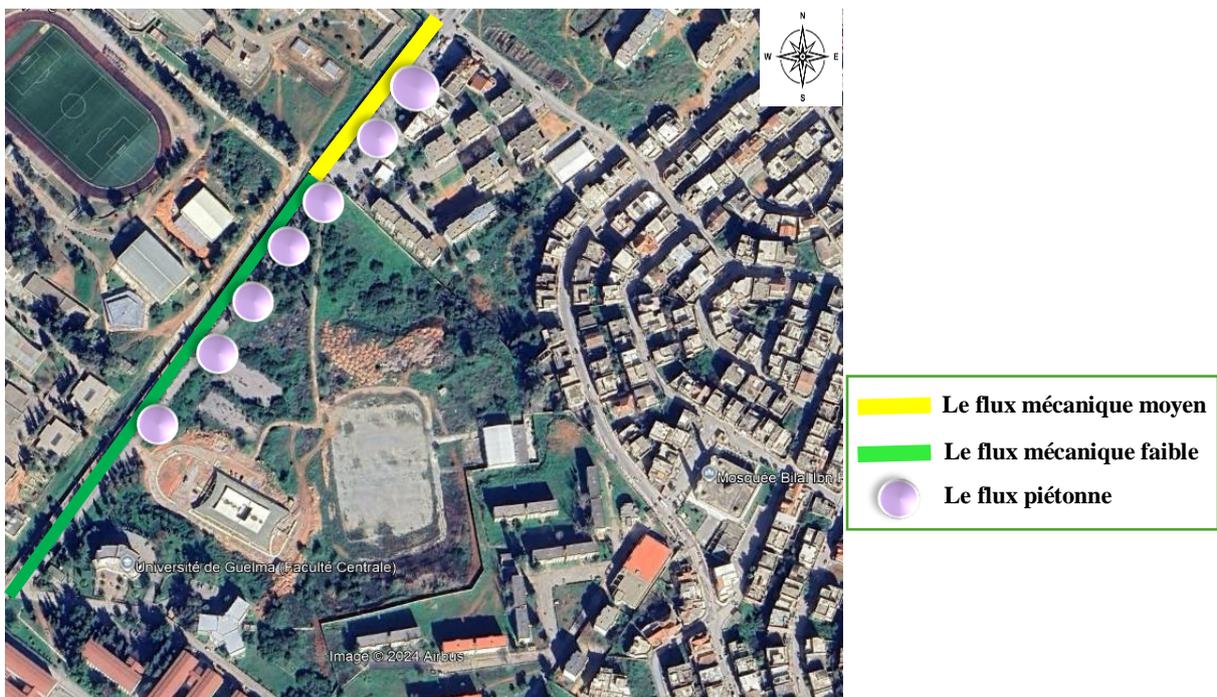


Figure 70: image représente le flux
<https://earth.google.com/web/>

2-les hauteurs des constructions:

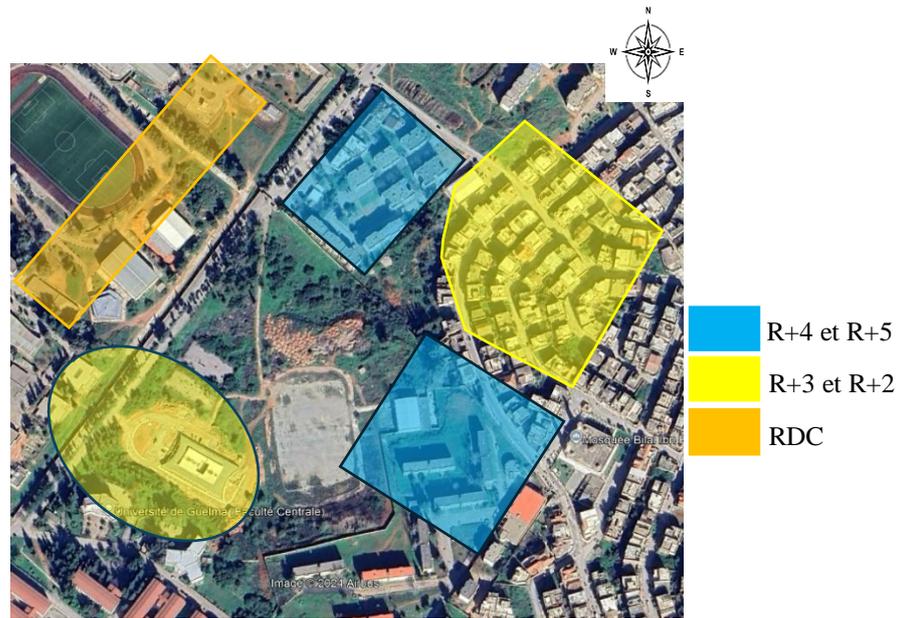


Figure 71: image représente les hauteurs des constructions
<https://earth.google.com/web/>

Synthèse

Après l'analyse de notre terrain, nous concluons ce qui suit :

- Le terrain est situées dans une zones universitaire
- Un terrain calme , loin des usines ...
- il est bénéfice d'un bon ensoleillement avec des vents dominant modérés.
 - Terrain plat (une faible pente)

VI Chapitre 5 : Elaboration du projet

VI.1 Introduction :

Ce chapitre synthétise l'intervention sur le terrain en s'appuyant sur les résultats des chapitres de recherche précédents. Il commence par une mise en perspective des critères définis dans le chapitre analytique, ce qui permet d'élaborer les premiers choix conceptuels. Il expose ensuite les premières intentions à travers le schéma de principe, le zoning et la genèse du projet. Enfin, il développe l'approche écologique adoptée pour assurer la qualité des espaces et leur organisation, ainsi que les techniques mises en œuvre pour garantir une maîtrise globale du projet.

VI.2 Les démarches de la réalisation du centre de recherche a Guelma

VI.2.1 Démarche conceptuelle :

La démarche conceptuelle du projet repose sur des aspects économique, environnemental.

a- L'aspect environnementale:

L'aspect environnemental se traduit par la conception solaire durable d'un centre de recherche sur les énergies renouvelables. Il s'agit d'un bâtiment écoresponsable, dédié à la recherche et au développement des énergies renouvelables, spécifiquement conçu pour répondre aux besoins de la région de Guelma.

b- L'aspect économique :

Ce centre constituera un levier essentiel pour les chercheurs et les étudiants, tout en contribuant au développement de l'économie énergétique de la région.

VI.2.2 Genèse de projet :

Après l'analyse du terrain présentée dans le chapitre précédent, l'intervention conceptuelle a débuté par le tracé de lignes courbe pour avoir une forme moderne d'un aspect fluide. afin de déterminer l'emplacement des unités surfaciques sur chaque partie du terrain. Cela permet une implantation cohérente et optimale des différentes sections du projet. Chaque unité doit répondre aux critères suivants : adéquation surfacique, accessibilité, intégration architecturale et harmonie paysagère.

La fluidité en architecture, surtout en phase de conception, peut offrir pas mal de bénéfices intéressants — à la fois créatifs, fonctionnels et esthétiques. En voici quelques-uns :

1. Liberté créative :

Tu n'es pas encore enfermé dans une structure rigide. Ça permet de tester plusieurs idées, formes, circulations, et de t'adapter au terrain, au contexte ou aux besoins du client sans contrainte.

2. Adaptation naturelle à l'environnement :

La fluidité permet souvent une meilleure intégration au site (topographie, climat, orientation, etc.). Les formes organiques ou les transitions douces entre espaces s'insèrent mieux dans le paysage.

3. Optimisation des circulations :

Un design fluide favorise une circulation intuitive. Les espaces peuvent s'enchaîner naturellement, sans angles brusques ni interruptions, ce qui améliore l'expérience utilisateur.

4. Esthétique contemporaine :

Les formes fluides sont très modernes et peuvent renforcer l'identité visuelle du projet. Elles évoquent souvent le mouvement, la nature, voire le luxe ou l'innovation (comme chez Zaha Hadid, par exemple).

5. Polyvalence fonctionnelle :

En gardant une conception fluide, tu peux créer des espaces plus modulables, qui peuvent être reconfigurés ou adaptés à plusieurs usages au fil du temps.

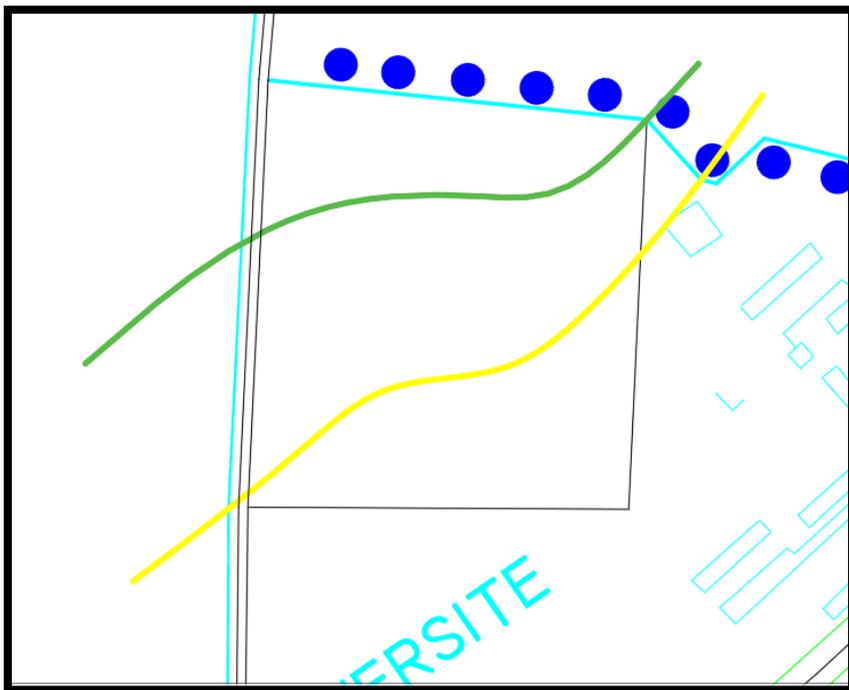
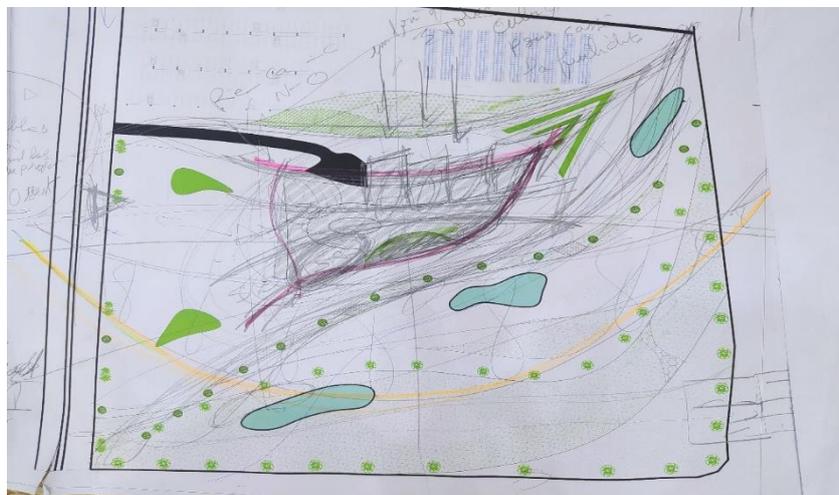


Figure 72: Intervention conceptuelle préliminaire du projet.



Deuxièmement, après le tracé des axes, nous avons déterminé les entités essentielles du projet. L'implantation de projet pour le bien orientation et libérer l'espace pour les zones de test. La création de parking près de l'accès mécanique pour le bon fonctionnement. qui doit représenter au minimum 1/5 de la capacité du centre de recherche, soit environ 200 places de stationnement. En prenant en compte la topographie du terrain et l'orientation sud pour l'utilisation adéquate de l'énergie solaire renouvelable et en intégrant des espaces végétalisés pour améliorer la qualité de l'air au sein du projet.

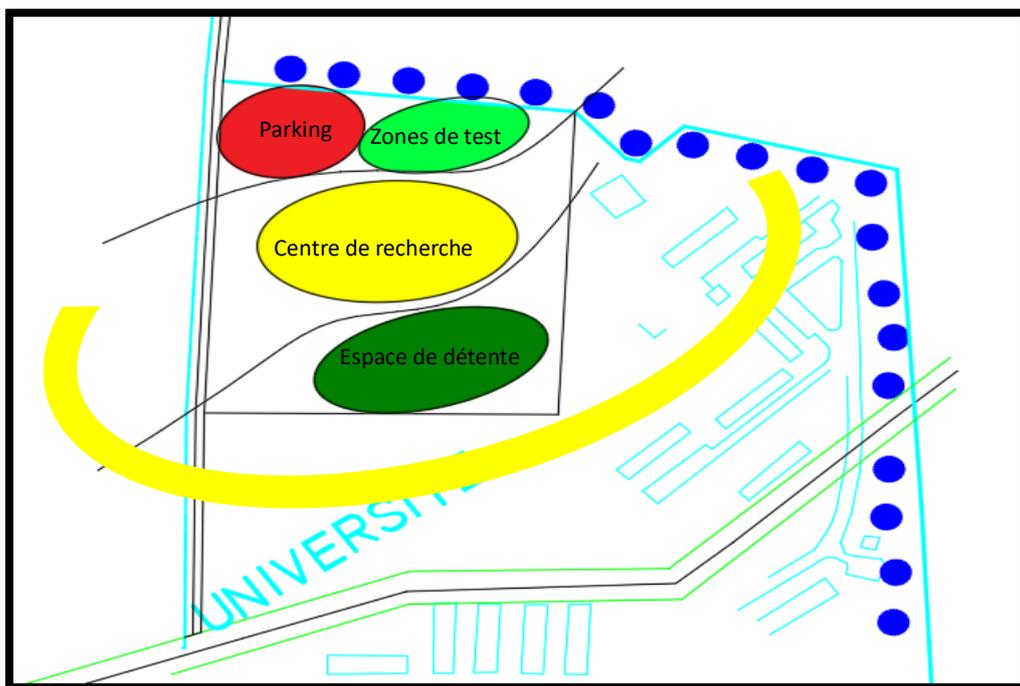
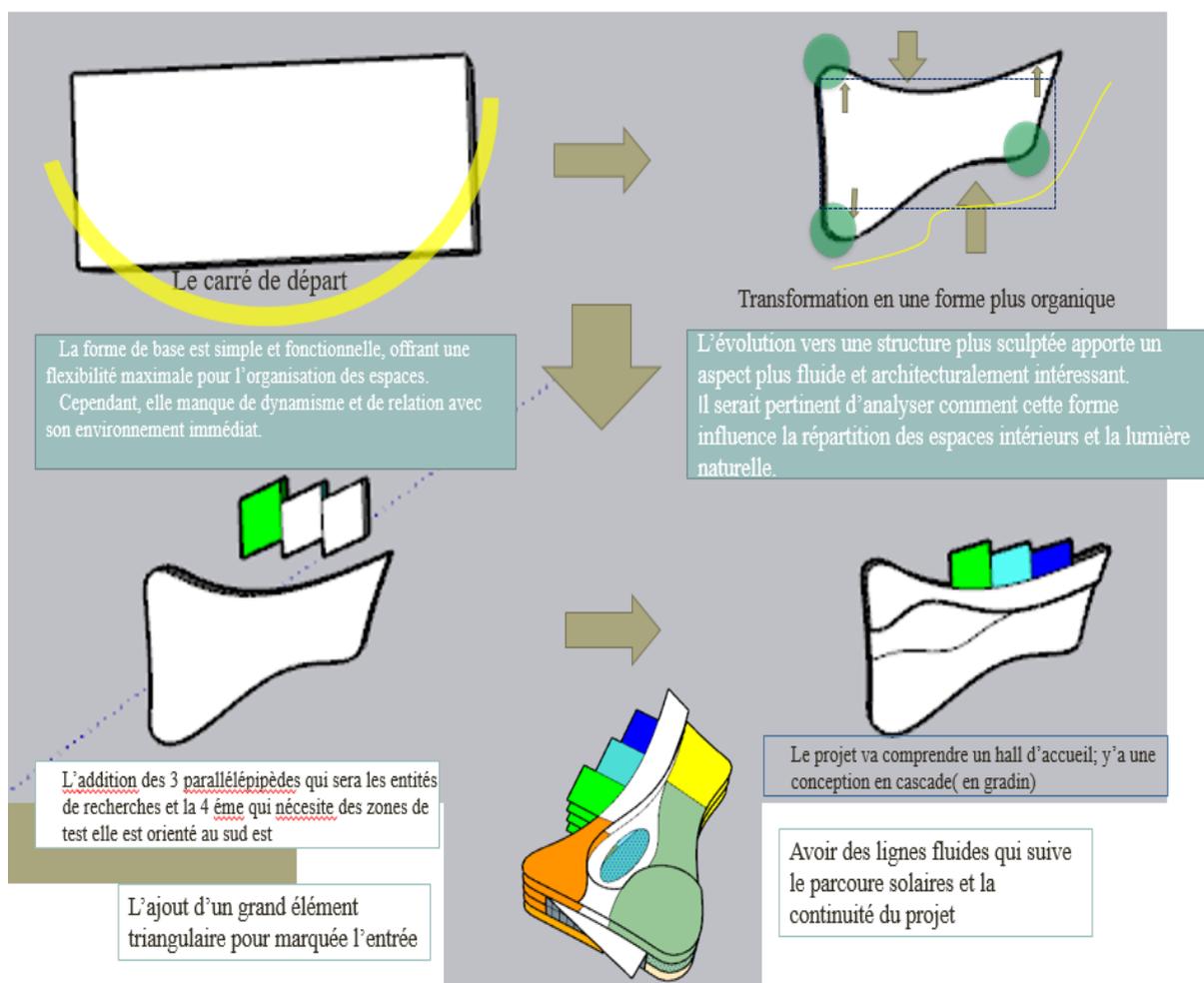


Figure 73: Détermination des entités du projet sur le terrain.

1. **Accueil** : près de l'accès principal.
2. **formation**: se localisé à proximité de l'entité accueil
3. **énergie solaire** : Pour assurer une bonne orientation et profiter le maximum des rayons solaire, on implante l'entité de l'énergie solaire au sud pour bien bénéficier d'énergie solaire afin d'optimiser la consommation énergétique des ateliers grâce à 'utilisation des panneaux photovoltaïques.
4. Les autres entités de recherche et la restauration ont été placées au nord, car elles ont besoin d'éclairage et pas soleil direct.



Après la détermination des entités essentielles, la phase conceptuelle détaillée du projet commence. Cette phase permet de bien définir l'emplacement des équipements, les accès mécaniques et piétons, l'aménagement extérieur, et les approches éco-responsables qui accompagnent toute la phase de conception. L'installation des panneaux photovoltaïques et solaires est soigneusement planifiée pour une orientation et une exposition optimale, maximisant ainsi la production d'énergie renouvelable.

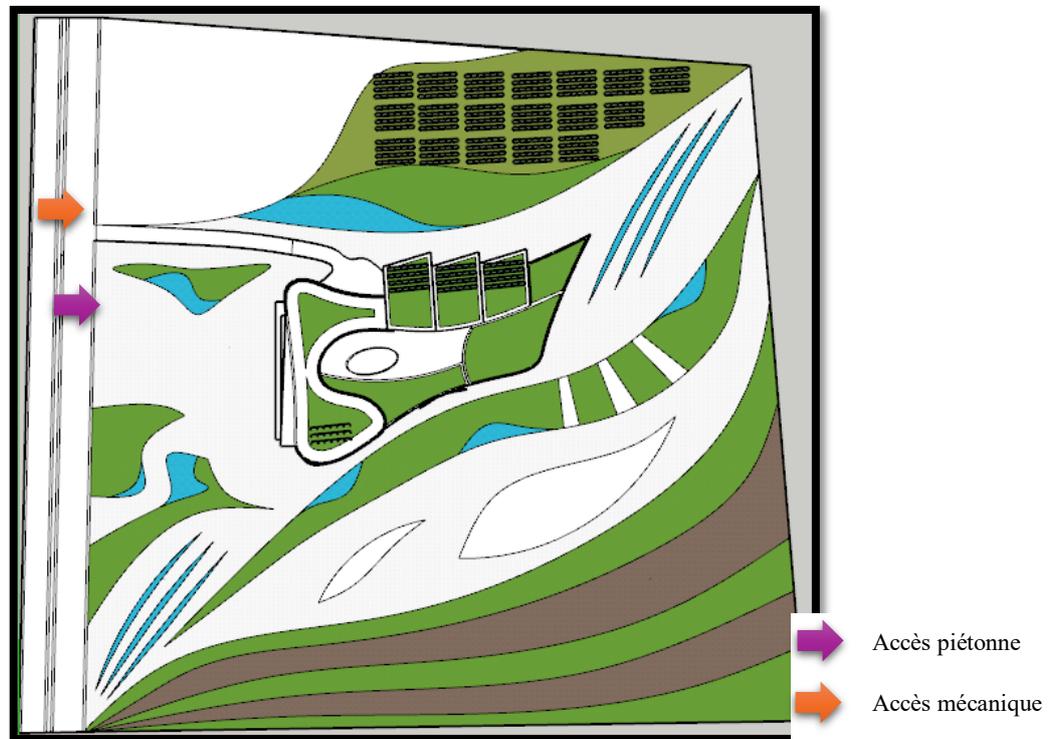
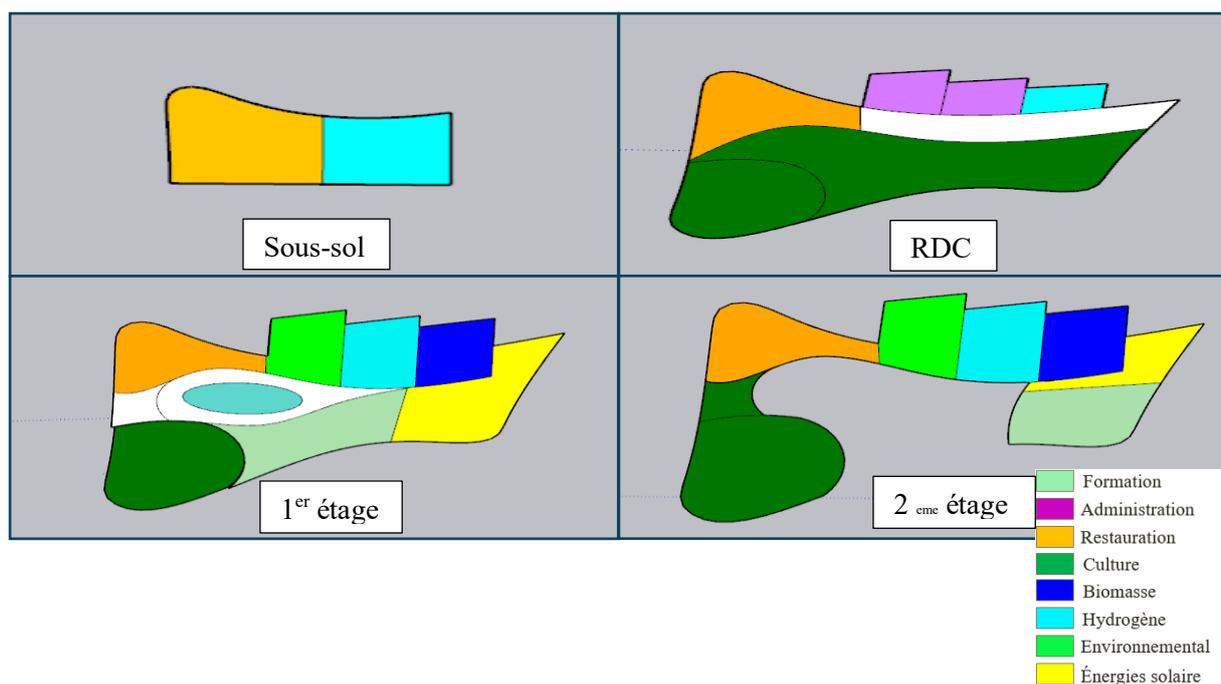
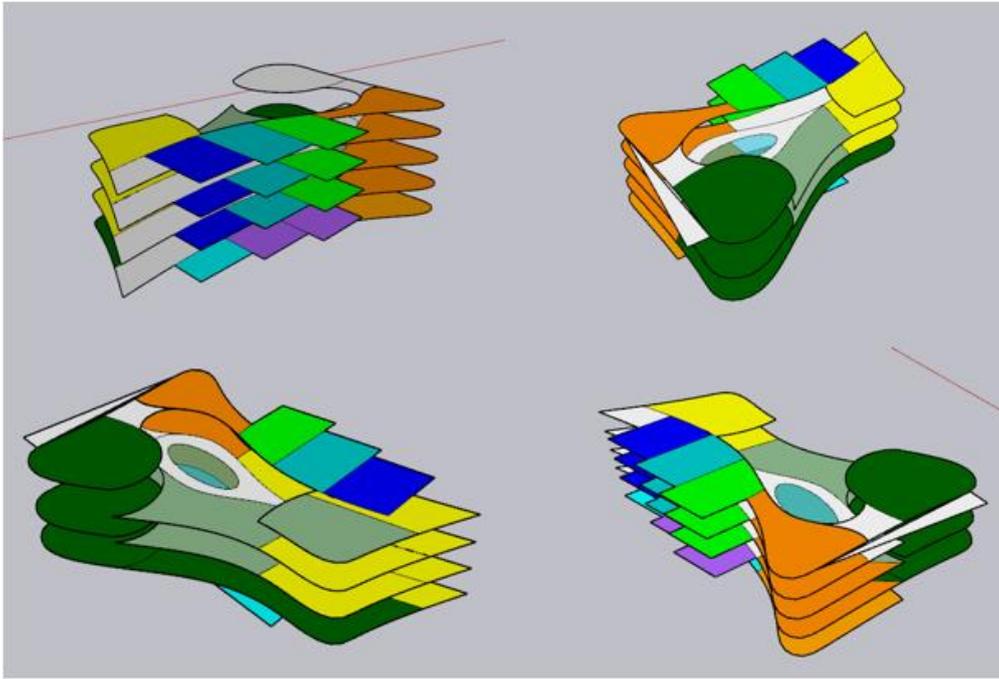


Figure 74: plan de masse du projet

VI.3 Schéma de principe :

Après l'apparition de la forme, nous commençons maintenant à répartir le programme sur les différents étages.





L'étude énergétique du projet

Pour l'étude énergétique du projet, le logiciel **CitySim Pro** [27] a été utilisé. Ce logiciel permet d'analyser l'**irradiation solaire**, la **consommation énergétique liée au chauffage et au refroidissement**, ainsi que la **production photovoltaïque et thermique** du bâtiment. L'étude commence par une **modélisation tridimensionnelle** sur **SketchUp**, puis le modèle est exporté vers **CitySim Pro** afin d'identifier les **caractéristiques physiques, thermiques et climatiques** du projet.

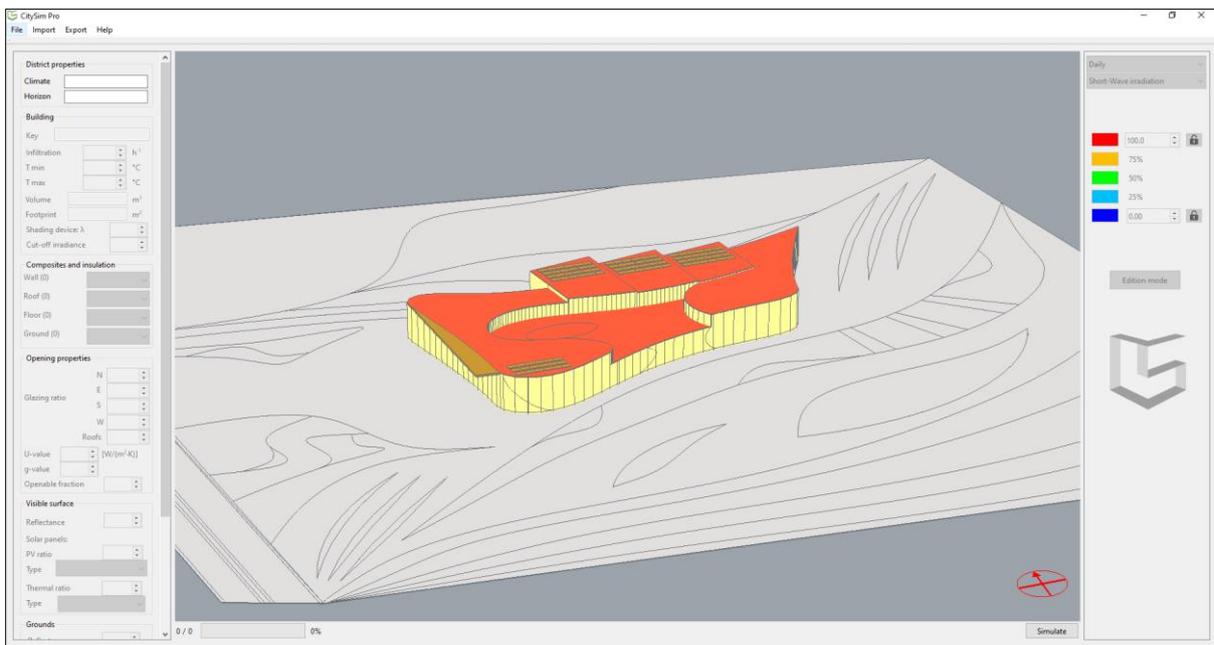


Figure 75. Présentation du modèle d'étude sur le logiciel Citysim pro.

Pour la simulation du projet, plusieurs données nécessaires ont été saisies en tant qu'entrées afin de modéliser le bâtiment de manière réaliste, en commençant par les données climatiques de la région, les caractéristiques physiques du bâtiment, les profils d'occupation des usagers ainsi que les informations relatives à l'installation des panneaux photovoltaïques ; le tableau ci-dessous présente l'ensemble des données utilisées comme inputs pour la simulation

Tableau : Données utilisées comme inputs pour la simulation

Catégorie	Type / Description
Données climatiques	Fichier au format (.cli) généré par le logiciel Meteonorm représentant le climat de la ville de Guelma
Caractéristiques physiques du bâtiment	Modèle 3D réalisé sur SketchUp
Matériaux de construction	Utilisation de matériaux avec leurs caractéristiques thermiques et de réflectance : béton, brique, murs-rideaux, panneaux de couverture, végétation, etc.
Occupation	En moyenne 70 à 80 personnes occupent le centre de recherche chaque jour tout au long de l'année

Pour l'application du système photovoltaïque dans le projet, les installations solaires sont conçues de manière à adopter les mêmes caractéristiques que les modules solaires **Jinko** de **335 W**, présentant un **rendement de conversion de 17,26 %**, ce qui est considéré comme typique pour ce type de technologie [28] ; les **paramètres techniques nécessaires à la modélisation dans CitySim Pro** ont été configurés en conséquence, comme indiqué dans le tableau ci-dessous

Module type	JKM335M-72H-V	The PV module
Cell type	Polycrystalline silicon	
Maximum Power (Pmax)	335 Wp	
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.0 V	
Operating temperature (C°)	-40 °C +85 °C	
Temperature Coefficient of Voc	-0.14918 V/K	
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C	
Module area (m²)	1.94	
Tref	25	

Tableau 4: Les caractéristiques des module PV utilisés dans la simulation.

L'irradiation solaire

L'analyse de l'irradiation solaire montre que les toitures des équipements sont bien exposées au soleil tout au long de l'année, tout comme les couvertures photovoltaïques des parkings. Ces surfaces peuvent ainsi recevoir jusqu'à **1,5 MWh/m² d'irradiation solaire annuelle**, ce qui en fait des zones particulièrement adaptées à la production d'énergie photovoltaïque.

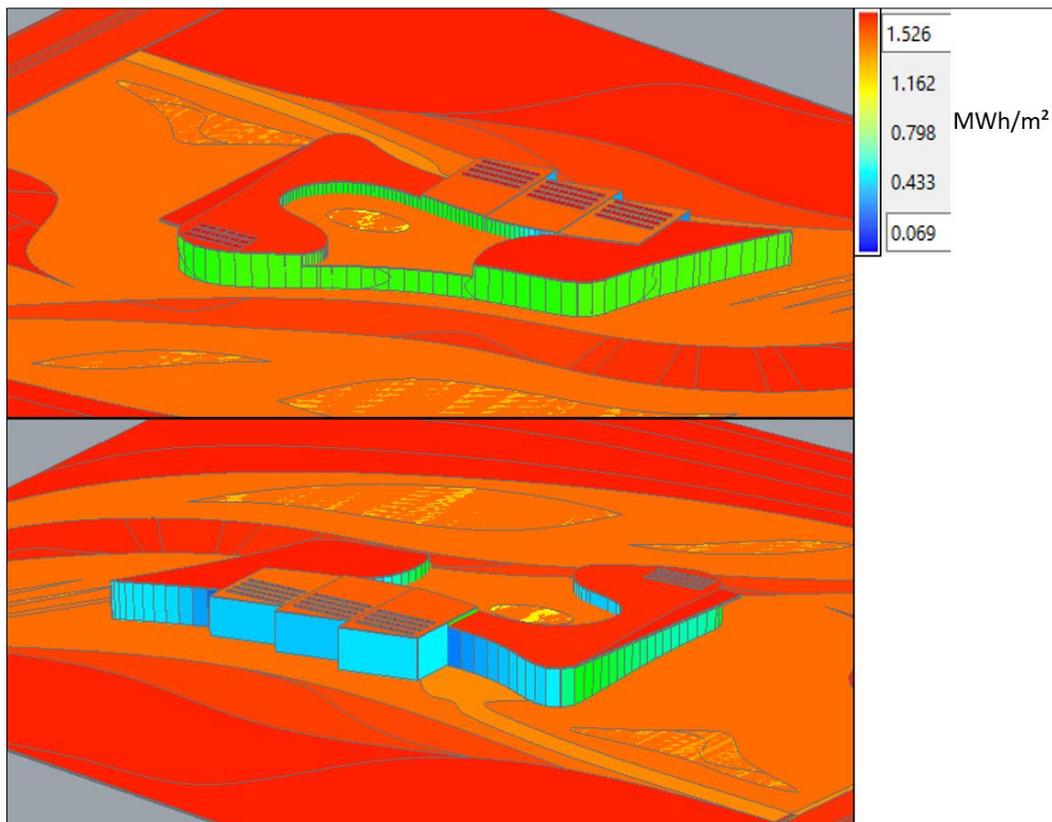


Figure 76: Les irradiances solaires annuelle.

La production photovoltaïque

Les installations photovoltaïques du projet occuperont une surface totale de **1 084 m²**, dont **184 m²** placés sur la toiture et **900 m²** appliqués sur les façades. Ces installations permettront de produire environ **182 MWh d'électricité par an**.

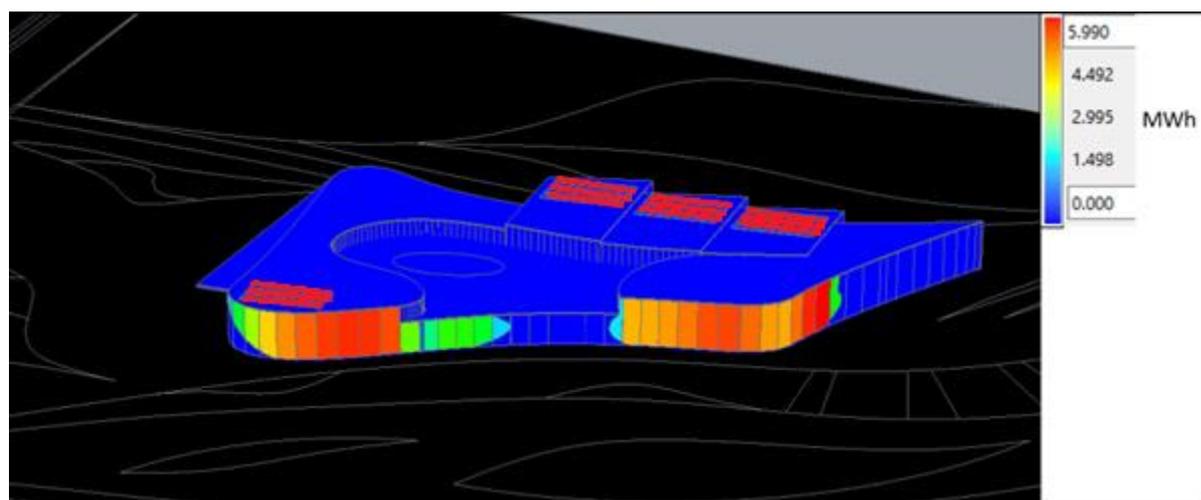


Figure 77. La production photovoltaïque annuelle.

La consommation énergétique

Après la simulation du projet, les résultats indiquent que le centre de recherche consomme **125 MWh/an** pour le **chauffage**, **243 MWh/an** pour la **climatisation**, et **67 MWh/an** d'électricité pour les autres usages.

	Valeur (kWh/an)
Chauffage (Heating)	125 020
Refroidissement (Cooling)	243 565
Consommation électrique totale	67 923,23
Production photovoltaïque (PV)	182 978,02
PV utilisé pour le cooling	182 978,02
Reste du cooling non couvert par le PV	60 586,98

Tableau 5: Données énergétiques du bâtiment

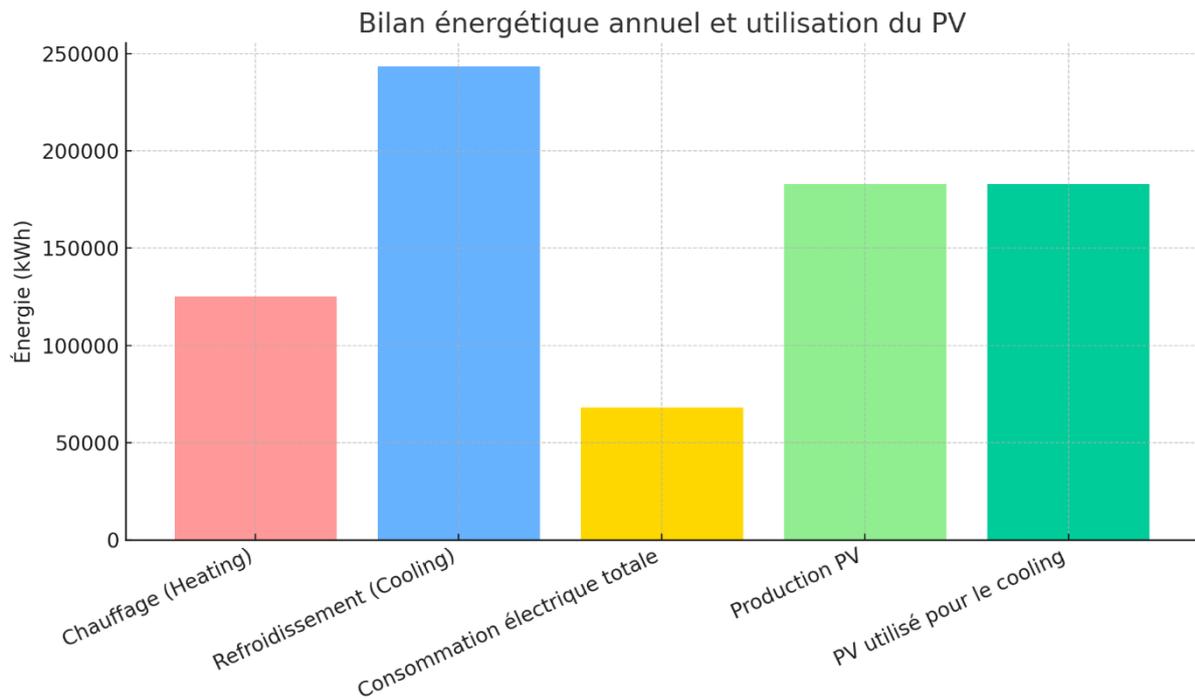


Figure 78: Histogramme des données énergétiques du projet.

En analysant les données mentionnées ci-dessus, on constate que le centre de recherche consomme davantage d'énergie pour la **climatisation**, en raison des températures élevées enregistrées dans la ville de **Guelma** durant la saison estivale. La **production photovoltaïque** permet de couvrir **environ 76 % des besoins en climatisation**, ce qui représente une contribution significative à la réduction de la consommation.

VI.4 Conclusion :

Ce chapitre détaille le processus de conception du projet, depuis la phase de conception préliminaire jusqu'à la conception finale, en tenant compte des mesures de conception écoresponsable. La conception écoresponsable est envisagée à travers plusieurs dimensions, incluant le choix de matériaux durables, l'adoption de stratégies d'efficacité énergétique, L'une des principales initiatives écologiques est l'installation de panneaux photovoltaïques, dont la production énergétique peut couvrir une part importante, voire totale, des besoins du projet. Ce chapitre souligne l'importance d'intégrer les principes de durabilité à chaque étape du processus de conception, afin de réaliser des installations de recherches à la fois respectueuses de l'environnement et bénéfiques pour la collectivité.

VII Conclusion générale :

L'intégration de l'architecture écoresponsable dans les projets de recherche scientifique constitue aujourd'hui une priorité pour répondre aux enjeux du développement durable. À travers cette étude, l'objectif a été de démontrer que la conception architecturale, lorsqu'elle intègre des stratégies solaires passives et actives, peut générer des infrastructures à la fois performantes sur le plan énergétique, respectueuses de l'environnement et porteuses d'une véritable valeur sociale et scientifique.

L'analyse de centres de recherche internationaux a permis d'identifier les principaux leviers d'une conception durable : efficacité énergétique, conception bioclimatique, utilisation de matériaux durables, ainsi qu'une intégration réfléchie des espaces végétalisés pour améliorer le confort et la qualité de l'air. Ces principes ont guidé toutes les étapes de la conception du projet présenté, un centre de recherches sur les énergies renouvelables implanté à l'université de Guelma.

L'étude contextuelle du site – sur les plans topographique, climatique et urbain – a confirmé la pertinence du choix de l'emplacement. Sa configuration spatiale, son orientation favorable et son potentiel solaire en font un terrain idéal pour accueillir un projet de cette envergure. Le programme fonctionnel retenu répond pleinement aux spécificités du site tout en intégrant les objectifs de développement durable de la région.

Au cœur de la démarche de conception, l'énergie solaire a été mobilisée non seulement comme une ressource technique, mais comme un élément structurant de la réflexion architecturale. L'installation de panneaux photovoltaïques, la conception orientée pour maximiser les apports solaires en hiver et s'en protéger en été, ainsi que l'optimisation de la masse thermique du bâtiment illustrent cette volonté d'exploiter le potentiel solaire du site de manière efficiente.

Ce projet met en évidence la capacité de l'architecture à contribuer activement à la transition énergétique, en particulier dans le domaine de la recherche. Il témoigne d'une approche intégrée, où chaque décision – du choix des matériaux à l'organisation spatiale – participe à un objectif commun : celui de construire un environnement bâti durable, exemplaire et en harmonie avec son contexte.

À terme, ce centre vise non seulement à produire des connaissances et des innovations dans le domaine des énergies renouvelables, mais aussi à incarner physiquement les valeurs qu'il défend : durabilité, innovation, responsabilité. Il s'inscrit ainsi dans une dynamique de transformation urbaine et environnementale porteuse d'avenir pour la ville de Guelma et au-delà.

VIII Bibliographie :

1. ROGER, M.A.G. and D.K.R. RAOUL, *Cours d'initiation à la méthodologie de recherche*. Ecole Pratique de la Chambre de Commerce et d' Industrie, Abidjan, 2010.
2. <Courstypederecherche.pdf>.
3. cnrs. *cnrs Répondre aux défis sociétaux*. 2024 [10 janvier 2024]; Available from: <https://www.cnrs.fr/fr/nos-defis/defis-societaux>.
4. sciences, T.c.f.t.h.a.s. *L'intégrité scientifique : enjeux et défis*. 2023 [13 septembre 2023]; Available from: <https://calenda.org/1094138>.
5. écoles, c.d.g. *L'enjeu majeur de notre recherche au niveau national c'est l'attractivité*. 2022 [04 mai 2022]; Available from: <https://www.cge.asso.fr/lenjeu-majeur-de-notre-recherche-au-niveau-national-cest-lattractivite/>.
6. <les-enjeux-de-la-recherche-dans-lenseignement-superieur-europeen.pdf>.
7. synergie. *l'engie pour l'avenir passer au solaire*. 2013 [13/12/2020]; Available from: <https://sonergie.fr/>.
8. Lovin, A.B., *stratégie énergétique planétaires*, ed. é.C. bourgeois. 1975, paris: édition Christian bourgeois
9. Derbal, H., M. Belhamel, and A. M'Raoui, *L'hydrogène, vecteur énergétique solaire*. Revue des Energies Renouvelables ICRESD-07 Tlemcen, 2007.
10. Bouaraour, K., *Cours des énergies renouvelables*. 2020.
11. Touzani, L., *LES ENERGIES RENOUVELABLES AU MAROC: ENERGIE SOLAIRE*. La Revue D'économie et D'environnement, 2023. **3(1)**: p. 28-44.
12. swissolar. *l'énergies solaire*. 2020 [13/12/2020]; Available from: <https://www.swissolar.ch/fr/connaissances/technologies-solaires>.
13. Power, E.M. *Énergie solaire : pourquoi et comment l'utiliser pour sa maison*. 2021 [11/05/2021]; Available from: <https://mypower.engie.fr/conseils/energie-solaire/informations-solaires/origine-energie-solaire.html>.
14. habitat, c. *La conception architecturale*. 2025 [cited 2025]; Available from: <https://www.camif-habitat.fr/nos-metiers/architecte/conception-architecturale/>.
15. AG, S.F. *ARCHITECTURE SOLAIRE*. 2023; Available from: <https://suntechnics.ch/fr/pour-les-entreprises/architecture-solaire/>.

16. Abaidia, S., *La contribution dans le développement de l'architecture solaire passifs dans les haut plateaux" Cas d'étude, Tébessa"*. 2015.
17. Lipon, G. *Énergies Renouvelables*. 2023 [18/10/2023]; Available from: <https://www.espace-aubade.fr/blog/energie-renouvelables/le-chauffage-solaire-passif-comment-ca-marche>.
18. MONARCH, A. *orientation du bâtiment pour une conception passive*. 2023 [3 avril 2023]; Available from: <https://archi-monarch.com/building-orientation-for-passive-design/>.
19. habitation, e. *la masse thermique*. 2021 [28/09/2021]; Available from: <https://www.ecohabitation.com/guides/2753/cest-quoi-la-masse-thermique/>.
20. Boivin, H., *La ventilation naturelle: développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale*. 2007.
21. hellio. *Guide complet du double vitrage : confort thermique et économies d'énergie*. 2025 [3 janvier 2025]; Available from: <https://particulier.hellio.com/blog/conseils/double-vitrage>.
22. Cruciani, M. *Bioénergies : quelle contribution à l'objectif européen de neutralité climatique ?* 2020; Available from: <https://www.ifri.org/fr/etudes/bioenergies-quelle-contribution-lobjectif-europeen-de-neutralite-climatique>.

Abaidia, Saddam. "La Contribution Dans Le Développement De L'architecture Solaire Passifs Dans Les Haut Plateaux" Cas D'étude, Tébessa". 2015.

"Architecture Solaire." 2023, <https://suntechnics.ch/fr/pour-les-entreprises/architecture-solaire/>.

Boivin, Hugues. "La Ventilation Naturelle: Développement D'un Outil D'évaluation Du Potentiel De La Climatisation Passive Et D'aide à La Conception Architecturale." (2007).

Bouaraour, Kamel. "Cours Des Énergies Renouvelables." (2020).

"Cnrs Répondre Aux Défis Sociétaux." cnrs, 2024, accessed 10 janvier 2024, <https://www.cnrs.fr/fr/nos-defis/defis-societaux>.

"<Courstypederecherche.Pdf>."

"Bioénergies : Quelle Contribution À L'objectif Européen De Neutralité Climatique ?" ifri, 2020, <https://www.ifri.org/fr/etudes/bioenergies-quelle-contribution-lobjectif-europeen-de-neutralite-climatique>.

Derbal, H, M Belhamel, and A M'Rouï. "L'hydrogène, Vecteur Énergétique Solaire." *Revue des Énergies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen* (2007).

"L'enjeu Majeur De Notre Recherche Au Niveau National C'est L'attractivité." 2022, accessed 04 mai 2022, <https://www.cge.asso.fr/enjeu-majeur-de-notre-recherche-au-niveau-national-cest-lattractivite/>.

- "La Conception Architecturale." 2025, 2025, <https://www.camif-habitat.fr/nos-metiers/architecte/conception-architecturale/>.
- "La Masse Thermique." 2021, accessed 28/09/2021, <https://www.ecohabitation.com/guides/2753/cest-quoi-la-masse-thermique/>.
- Hawken, Paul, Amory B Lovins, and L Hunter Lovins. *Natural Capitalism: The Next Industrial Revolution*. Routledge, 2013.
- "Guide Complet Du Double Vitrage : Confort Thermique Et Économies D'énergie." 2025, accessed 3 janvier 2025, <https://particulier.hellio.com/blog/conseils/double-vitrage>.
- "Bipv " Building Integrated Photovoltaic "." solarmarkt 2020, accessed 20 octobre 2020, 2020, <https://www.solarmarkt.ch/fr/connaissances-solaires/apercu/bipv>.
- "<Les-Enjeux-De-La-Recherche-Dans-L'enseignement-Superieur-Europeen.Pdf>."
- "Énergies Renouvelables." 2023, accessed 18/10/2023, <https://www.espace-aubade.fr/blog/energie-renouvelables/le-chauffage-solaire-passif-comment-ca-marche>.
- Louineau, Philippe. *Énergie Solaire Et Architecture*. Edited by Éditions Eyrolles. 2010.
- Lovin, Amory B. *Stratégie Énergétique Planétaires*. Edited by édition Christian bourgeois. paris: édition Christian bourgeois 1975.
- "Orientation Du Batiment Pour Une Conception Passive." 2023, accessed 3 avril 2023, <https://archi-monarch.com/building-orientation-for-passive-design/>.
- Paillé, Pierre. "La Méthodologie De Recherche Dans Un Contexte De Recherche Professionnalisante: Douze Devis Méthodologiques Exemplaires." *Recherches qualitatives* 27, no. 2 (2007): 133-51.
- "Énergie Solaire : Pourquoi Et Comment L'utiliser Pour Sa Maison." 2021, accessed 11/05/2021, <https://mypower.engie.fr/conseils/energie-solaire/informations-solaires/origine-energie-solaire.html>.
- "Renewables 2023 Global Status Report." 2023, <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>.
- ROGER, M ASSIE GUY, and DR KOUASSI ROLAND RAOUL. "Cours D'initiation À La Méthodologie De Recherche." *Ecole Pratique de la Chambre de Commerce et d' Industrie, Abidjan* (2010).
- "L'intégrité Scientifique : Enjeux Et Défis." CALEND, 2023, accessed 13 septembre 2023, <https://calenda.org/1094138>.
- "L'énergies Solaire." 2020, accessed 13/12/2020, <https://www.swissolar.ch/fr/connaissances/technologies-solaires>.
- "L'nergie Pour L'avenir Passer Au Solaire." 2013, accessed 13/12/2020, <https://sonergie.fr/>.
- Touzani, Laanaya. "Les Energies Renouvelables Au Maroc: Energie Solaire." *La Revue D'économie et D'environnement* 3, no. 1 (2023): 28-44.

