



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Département d'Architecture

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la Ville
Filière : Architecture
Spécialité : ARCHITECTURE
Thématique : Architecture, Environnement et Technologies

Présenté et soutenu par :
EL HANI Fahima

Le : dimanche 27 juin 2021

Le Thème : Eco conception des espaces de recherche
**Le projet : Centre de recherche des énergies
renouvelables à Biskra**

Jury

| | | | | |
|-----|-----------------------------|--------|----------------------|------------|
| Mr | Mezerdi Toufik | MC (B) | Université de Biskra | Président |
| Mr | Rezig Djemoui | MA (A) | Université de Biskra | Examineur |
| Mme | Gouizi Yamina | MA (A) | Université de Biskra | Rapporteur |
| Mme | Tibermacine Souheila | MA (A) | Université de Biskra | Rapporteur |

Année universitaire : 2020 - 2021

TABLE DES MATIERES

Résumé

ملخص

| | |
|---|----|
| CHAPITRE INTRODUCTIF :..... | 1 |
| Introduction Générale : | 1 |
| PROBLEMATIQUE..... | 2 |
| Objectifs :..... | 4 |
| Méthodologie de recherche..... | 4 |
| Structure de mémoire..... | 5 |
| CHAPITRE THEORIQUE..... | 1 |
| 1. Introduction : | 1 |
| I. Architecture écologique et durabilité : | 1 |
| 1. Développement durable :..... | 1 |
| 2. Pensée cycle de vie :..... | 1 |
| 3. La prise en compte de l'environnement | 2 |
| 4. Architecture écologique :..... | 2 |
| 5. Les principes d'architecture écologique :..... | 2 |
| 6. Quelques notions sur les labels énergétiques : | 4 |
| 6.1. La haute qualité environnementale (HQE): | 4 |
| 6.2. Bâtiment Passive:..... | 4 |
| 6.3. Bâtiment basse consommation:..... | 4 |
| 6.4. Un bâtiment autonome: | 4 |
| 6.5. Bâtiment à énergie positive:..... | 4 |
| 6.6. Le label Minergie | 4 |
| 6.7. Le label Passivhaus | 5 |
| II. L'écoconception des espaces de recherche : | 5 |
| 2. La conception architecturale :..... | 5 |
| 3. L'écoconception : que signifie le préfixe « éco » ? | 6 |
| 4. Méthodologie d'écoconception : | 6 |
| 5. Outil stratégique d'écoconception : | 7 |
| 6. Les paramètres d'écoconception : | 9 |
| 7. Quelques outils d'aide à la décision et à l'écoconception :..... | 9 |
| 9.1. Les diagrammes bioclimatiques..... | 9 |
| 9.2. Diagramme bioclimatique d'Olgay..... | 10 |
| 9.3. Diagramme bioclimatique de Givoni :..... | 10 |

| | |
|---|----|
| 9.4. Les tables de Mahoney..... | 11 |
| 9.5. La méthode Vogt et Miller-Chagas..... | 11 |
| 9.6. Logicielle de simulation :..... | 11 |
| 10. Les stratégies conceptuelles en phase d’esquisse | 12 |
| III. Le Centre de Recherche des Energies Renouvelables :..... | 13 |
| 1. Définition de la recherche: | 13 |
| 2. L’organigramme national de la recherche | 13 |
| 3. Les installations de recherche..... | 14 |
| 4. Centre des recherches énergétiques :..... | 14 |
| 5. Le Laboratoire De Recherche..... | 14 |
| 6. Les types et secteurs de laboratoire | 14 |
| 7. Les types de laboratoires : | 15 |
| 8. Considérations Architecturales (Un nouveau modèle de conception) : | 16 |
| 9. Module de planification de laboratoire..... | 16 |
| 10. ETUDE NORMATIVE :..... | 17 |
| 10.1. Normes surfacique pour la conception de laboratoires par poste de travail : | 17 |
| 10.2. Valeurs indicatives par poste pour surfaces de travail et d’infrastructure :..... | 18 |
| 10.3. Concepts de planification de laboratoire..... | 18 |
| 10.4. Le module de planification de base : | 19 |
| 10.5. Structure | 20 |
| 10.6. Les Hauteurs de laboratoires..... | 23 |
| 11. ÉNERGIES RENOUVELABLES :..... | 23 |
| 1. Energies Renouvelables: | 23 |
| 2. Sources d’Energies Renouvelables | 23 |
| 12. Conclusion:..... | 24 |
| CHAPITRE ANALYTIQUE | 25 |
| 1. Analyse des exemples :..... | 25 |
| Introduction : | 25 |
| 2. La liste des exemples à analysés : | 25 |
| 3. Les éléments à analysés :..... | 25 |
| 4. Analyse des exemples :..... | 26 |
| EXEMPLE 01 : CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES CDER..... | 26 |
| EXEMPLE 02 : Naional Renewable Energy Laboratory | 27 |
| EXEMPLE 03 : Centre for Sustainable Energy Technology (CSET) Mario Cucinella | 42 |
| EXEMPLE 04: Advanced Energy Center, Stony Brook University | 48 |
| EXEMPLE 05 : Turin Energy center de l’architecte Corrado Franco Damiani | 54 |

| | |
|---|----|
| 5. Tableau récapitulatif de l'analyse des exemples en bref..... | 61 |
| 6. Analyse du site :..... | 62 |
| 6.1. Introduction :..... | 62 |
| 6.2. Présentation de la ville :..... | 62 |
| 6.3. Situation géographique : | 62 |
| 6.4. Relief :..... | 62 |
| 6.5. Climatologie :..... | 63 |
| 7. Choix de la zone d'intervention : | 63 |
| 13. | 63 |
| 7.1. Situation :..... | 63 |
| 7.2. Délimitation et accessibilité :..... | 63 |
| 7.3. La brise de terre ou brise de vallée | 63 |
| 7.4. Morphologie du terrain : | 65 |
| 8. Etude des données climatiques du site: | 65 |
| 8.1. Présentation des applications de simulation..... | 66 |
| 8.2. Méthodologie et application : | 66 |
| 8.3. Interprétation des résultats | 67 |
| 9. Les directives de conception résultèrent de la simulation :..... | 75 |
| 10. Conclusion :..... | 80 |
| CHAPITRE ARCHITECTURAL | 81 |
| Introduction : | 81 |
| 1. Approche programmatique :..... | 81 |
| 2. Approche conceptuelle | 85 |
| 2.1. Les éléments de passage : | 86 |
| 2.2. L'idée conceptuel..... | 87 |
| a) viabilisation du site :..... | 87 |
| b) Processus de conception :..... | 87 |

Table des illustrations

• Figures :

| | |
|---|----|
| Figure 1: Les trois sphères du développement durable. (A.Liebard et A. De Herbe 2005) | 1 |
| Figure 2: Schématisation du cycle de vie d'un bâtiment (CSTB formation, 2014)..... | 1 |
| Figure 3 : La dimension écologique (Belkhamza sarah 2012-2013) | 2 |
| Figure 4: Les labels de performance énergétique (GAUTIER CRÉATIONS 2015)..... | 5 |
| Figure 5: Principaux enjeux intervenant dans l'écoconception d'un produit (D'après ADEME)..... | 6 |
| Figure 6: Exemple de roue de stratégie d'écoconception (J.L. Menet et I. C. Gruescu , 2014 ; P.25)..... | 8 |
| Figure 7: Schéma représentatif des différents paramètres de conception environnemental d'un bâtiment (l'auteur 2021)..... | 9 |
| Figure 8: Diagramme bioclimatique d'Olgyay | 10 |
| Figure 9: Diagramme bioclimatique de Givoni | 10 |
| Figure 10: Diagramme de Vogt et Miller-Chagas | 11 |
| Figure 11: Organigramme de typologie des logicielles de conceptions (Source : auteure)..... | 11 |
| Figure 12: Relations entre les dispositifs architecturaux et les stratégies conceptuelles au cours des phases initiales de la conception architecturale (esquisse et avant-projet sommaire) | 12 |
| Figure 13: L'organigramme national de la recherche..... | 13 |
| Figure 14: Les types de laboratoires(source auteure) | 15 |
| Figure 15: Schéma représentent les considérations de conception des espaces de recherches. (Source: Auteur) | 16 |
| Figure 16: a) Disposition du plan illustrant une disposition à un seul couloir. Cette disposition est efficace; cependant, la voie de circulation unique peut entraîner des flux de matériaux / de personnes et des conflits (Pamela Buxton / 2018) | 18 |
| Figure 17: b) Disposition du plan illustrant la disposition à deux couloirs (piste de course). Cette disposition sépare efficacement la circulation des personnes et des matériaux au sein de l'installation. | 18 |
| Figure 18: c) Disposition du plan illustrant la disposition à trois couloirs. Cette disposition offre la plus grande opportunité. (Pamela Buxton / 2018) | 19 |
| Figure 19: Le module de planification de base(Pamela Buxton / 2018)..... | 19 |
| Figure 20: Le module de planification doit répondre aux exigences de planification de base pour les cloisons, les bancs de laboratoire, l'équipement, les dispositifs d'extraction et la circulation en plus du personnel de laboratoire. (Pamela Buxton / 2018) | 20 |
| Figure 21: Utilisation du concept de modularité dans la planification des laboratoires pour créer des espaces efficaces, flexibles et adaptables qui peuvent être agrandis et réduits pour répondre aux besoins changeants. | 20 |
| Figure 22: Un module de laboratoire fonctionnant dans les deux sens permet d'organiser les bancs et les équipements de laboratoire dans les deux sens. (Pamela Buxton / 2018)..... | 20 |
| Figure 23: Position des colonnes montantes de service dans les laboratoires (Pamela Buxton / 2018).. | 21 |
| Figure 24: La grille structurelle du bâtiment dérivée du module de planification du laboratoire, la rentabilité et le fonctionnement exigences du système structurel. Pour une flexibilité maximale, les colonnes doivent être intégrées ou placées à l'extérieur de la la grille (Pamela Buxton / 2018)..... | 22 |

| | |
|--|----|
| Figure 25: Module de planification de laboratoire en trois dimensions | 22 |
| Figure 26: Les divisions de recherche dans CDER | 26 |
| Figure 27: Les secteurs d'activités | 27 |
| Figure 28: Méthode d'intégration du projet dans le site..... | 29 |
| Figure 29: Ensoleiement et vents dominant..... | 30 |
| Figure 30: les accès au site..... | 30 |
| Figure 31: Volumétrie en gradin..... | 30 |
| Figure 32: organisation du plan de masse..... | 30 |
| Figure 33: Organisation des installation de recherche dans National Renewable Energy Laboratory (SmithGroupJJR)..... | 31 |
| Figure 34: les secteurs d'activités dans le bâtiment ESIF | 31 |
| Figure 35: Plan RDC avec organigramme des relation entre espaces dans le bâtiment ESIF..... | 32 |
| Figure 36: Plan du 1er étage avec Organigramme des relation entre espaces dans le bâtiment ESIF..... | 32 |
| Figure 37: Schéma d'organisation de la circulation vertical dans le bâtiment ESIF | 33 |
| Figure 38: Stratégies de CVC dans le bâtiment ESIF..... | 33 |
| Figure 39: Volumétrie et morphologie du bâtiment RSF | 34 |
| Figure 40: Organigramme des plans du RDC au 3emme étage du bâtiment RSF..... | 34 |
| Figure 41: Représentation des stratégies énergétiques dans le bâtiment RSF..... | 35 |
| Figure 42: Représentation Labyrinthe thermique dans le bâtiment RSF..... | 35 |
| Figure 43: Traitement et matériaux de construction des vitrages | 36 |
| Figure 44: Traitement et matériaux de construction texture des façades dans le bâtiment RSF | 36 |
| Figure 45: Système de CVC et stratégies énergétiques du bâtiment RSF | 37 |
| Figure 46: Dimensionnements des fenêtres du bâtiment RSF..... | 37 |
| Figure 47: Système de tour à vent des termites évacue la chaleur à l'extérieur par effet chemin dans le bâtiment RSF..... | 37 |
| Figure 48: stratégie du confort d'été dans le bâtiment RSF | 38 |
| Figure 49: stratégie du confort d'hiver dans le bâtiment RSF..... | 38 |
| Figure 50: représentation du système d'éclairage naturel dans le bâtiment RSF..... | 39 |
| Figure 51: traitement de l'éclairage et la ventilation sur la façade sud dans le bâtiment RSF..... | 40 |
| Figure 52: composition volumétriques du CSET..... | 42 |
| Figure 53: Plan de masse environnemental du CSET..... | 43 |
| Figure 54: Genèse du projet CSET Mario Cucinella | 43 |
| Figure 55: Position du projet CSET Mario Cucinella dans le campus de Nottingham Ningbo | 43 |
| Figure 56: plan de masse organisationnel du CSET | 44 |
| Figure 57: Les organigrammes spatiaux- fonctionnels du CSET | 44 |
| Figure 58: Traitement de l'enveloppe du CSET..... | 45 |
| Figure 59: Les organigrammes spatiaux- fonctionnels des plans du 1er au 5emme étage CSET | 45 |
| Figure 60: Coupes et façades du CSET | 46 |
| Figure 62: Système d'éclairage naturel dans le CSET | 46 |
| Figure 61: Les stratégies énergétiques d'été dans le CSET | 47 |
| Figure 63: Les stratégies énergétiques d'hiver dans le CSET | 47 |

| | |
|--|----|
| Figure 64: organisation du plan de masse et Entourage du AEC | 49 |
| Figure 65: Les domaines de recherches du AEC (source auteure) | 50 |
| Figure 66: Organigramme plan réez de chaussé du AEC (source auteure) | 50 |
| Figure 67: Plan réez de chaussé du AEC www.aertc.org | 50 |
| Figure 68: Les espaces centraux du AEC (source auteure) | 51 |
| Figure 69: Les centres d'activités du AEC (source auteure) | 51 |
| Figure 70: Plan 1er étage www.aertc.org | 51 |
| Figure 71: Organigramme plan 1 ^{er} étage (source auteure) | 51 |
| Figure 72: Façade principale du AEC | 52 |
| Figure 73: Laboratoire solaire en façade (www.aertc.org) | 52 |
| Figure 74: L'éclairage naturel dans le AEC (www.aertc.org) | 53 |
| Figure 75: Vue en 3D sur le AEC | 53 |
| Figure 76: Les stratégies énergétiques - été / hiver du AEC | 53 |
| Figure 77: Position urbaine du TEC (archilovers.com) | 55 |
| Figure 78: Le centre TEC vas être construit en deux phases Lot 01 et Lot 02 | 55 |
| Figure 79: Les plans et les organigrammes fonctionnels des divers étages du TEC (archilovers.com) | 56 |
| Figure 80: Vue sur le Bloc phase 01 du TEC (archilovers.com) | 57 |
| Figure 81: Installation de panneaux PV sur la serre du bâtiment TEC (archilovers.com) | 57 |
| Figure 82: Qualité de l'espace intérieur des Hall et Salle de conférence du TEC (archilovers.com) | 57 |
| Figure 83: Axonométries 01 et 02 du bâtiment du TEC (archilovers.com) | 58 |
| Figure 84: Vue interieur et exterieur de la serre du TEC (archilovers.com) | 58 |
| Figure 86: Types de structure dans le bâtiment du TEC | 59 |
| Figure 86: vue sur le chantier de construction du TEC c'est un bâtiment modulaire | 59 |
| Figure 87: L'enveloppe du bâtiment du TEC (archilovers.com) | 59 |
| Figure 88: Les stratégies énergétiques passive du TEC (archilovers.com) | 60 |
| Figure 89: Système energetique hybride du TEC | 60 |
| Figure 90: situation géographique de la région de Biskra | 62 |
| Figure 91: Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra | 62 |
| Figure 92: Image Google Earth du site d'intervention (source auteure) | 63 |
| Figure 93: Position urbaine du site (entourage) (source auteure) | 64 |
| Figure 94: Coupe longitudinale Google Earth dans le site | 65 |
| Figure 95: Coupe transversale Google Earth dans le site | 65 |
| Figure 96: Vue sur l'interface du logiciel Ecotecte | 66 |
| Figure 97: Graphe 01 des plages de températures à Biskra de 2004-2018 L'analyse est faite sur le logiciel « climate consultant 6 » en utilisant les données climatiques présentées http://climate.onebuilding.org/ | 67 |
| Figure 98: Graphe 02 des températures du sol selon la profondeur à Biskra de 2004-2018. L'analyse est faite sur le logiciel « climate consultant 6 » en utilisant les données climatiques présentées http://climate.onebuilding.org/ (Source : auteure) | 68 |
| Figure 99: Graphe 03: La superposition des deux graphes 01 et 02 (Source : auteure) | 68 |

| | |
|--|----|
| Figure 100: Graphe 04 des données moyennes diurnes (24 heures) pour chaque heure de chaque mois pour la température moyenne de l'ampoule sèche (courbe rouge supérieure) et la température moyenne de l'ampoule humide (courbe rouge inférieure) par rapport à une barre grise qui représente la plage de confort. (Source auteure) | 69 |
| Figure 101: Graphe 05: Graphique des données de rayonnement moyennes horaires pour chaque jour du mois, indiquant le jour le plus élevé du mois, le jour le plus bas et le jour moyen ou moyen du mois. Les unités sont dans Btu/sq.ft. ou Wh/sq.m. | 69 |
| Figure 102: Graphe 06 des données de rayonnement total quotidien est le rayonnement total pour chaque jour du mois. Les unités sont dans Btu/sq.ft. ou Wh/sq.m. (Source auteure) | 70 |
| Figure 103: Graphe 07: Graphique des Plages d'éclairages..... | 70 |
| Figure 104: Graphe 08 montre Le taux de la couverture nuageuse (%) à Biskra de 2004-2018 (Source: Auteur) | 71 |
| Figure 105: Graphe 09: Ce graphique montre la vitesse du vent en mètres par seconde (mps) pour chaque mois et pour l'année complète à Biskra de 2004-2018 (Source: Auteur)..... | 71 |
| Figure 106: La Roze des vents de Biskra avec Climate consultant (Source auteure)..... | 72 |
| Figure 107: Graphe 10.a Tracé de course solaire l'hiver et de printemps (21 décembre au 21 juin) (Source: Auteur)..... | 72 |
| Figure 108: Graphe 10.b Tracé de course solaire pour l'été et l'automne (21 juin au 21 décembre)..... | 72 |
| Figure 109: L'activation du calculatrice d'ombrage et de masque solaire (Source auteure) | 73 |
| Figure 110: Graphe 11 Tracé psychrométrique des données climatologiques EPW de Biskra (2004 – 2018) sont représentées par Climate Consultant 6.0. (Source Auteur) | 74 |
| Figure 111 : Graphe 01 : Tracé de Graphique psychrométrique des données climatologiques EPW (2004 – 2018) de Biskra avec l'application des stratégies optimal pour le confort sont représentées par Climate Consultant 6.0. (Source Auteur)..... | 74 |
| Figure 112: Fenêtre des Directives de conception si vous cliquez sur une ligne directrice avec un logo Palette 2030, vous serez redirigé vers le site Web de la Palette 2030 pour des graphiques et des informations d'appui.(Source: Auteur) | 75 |

• Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 01 : Répartition des types outils étudiés en fonction des thématiques qu'ils abordent (l'auteur 2021)..... | 11 |
| Tableau 02 : Normes surfacique pour la conception de laboratoires (Recommandation KBOB Jan. 2000)..... | 21 |
| Tableau 03 : Valeurs indicatives par poste pour surfaces de travail et d'infrastructure (Recommandation KBOB Jan. 2000) | 22 |
| Tableau 04 : Facteurs définissant la largeur d'un module de laboratoire typique (Pamela Buxton / 2018) | 23 |
| Tableau 05 : Hauteurs de laboratoire typique (Pamela Buxton / 2018) | 27 |

Résumé

Soucieux des dangers du changement climatique et le réchauffement planétaire, la monde à relever le défi pour lutter contre ces phénomènes et suivre des politiques qui prennent de plus en plus l'environnement en considération. Et comme le secteur du bâtiment c'est le secteur le plus consommateur d'énergie et générateur de pollution, l'architecte est Le premier sens est avoir des réflexions pour préserver l'environnement.

De ce fait notre réflexion de recherche a été orientée vers une architecture écoconçue, écologique, durable et plus passive afin de minimiser les impacts environnementaux. Donc l'utilisation et le développement des énergies renouvelables est primordial pour la transition d'une société fondée sur la consommation abondante d'énergies fossiles, à une société plus sobre et plus écologique.

Consciente du potentielle national, l'Algérie a connu ces dernières années une grande activité dans le secteur des énergies renouvelables et la performance énergétique à travers un programme national qui permet une meilleure exploitation du vaste potentiel énergétique des ressources renouvelables existantes.

Par conviction que des installations de valorisation et de développement du secteur énergétique sont importants au développement économique de notre pays on a choisi le thème d'écoconception d'un Centre de recherche des énergies renouvelable à Biskra qui est une région connue pour ses grandes potentialités en énergies renouvelables.

Mots clés: écoconception, architecture écologique, développement durable, Energie renouvelable, centre de recherches.

ملخص

نظرًا للاهتمام الكبير بمخاطر التغير في المناخ والاحتباس الحراري، تصدى العالم لمكافحة هذه الظواهر باتباع سياسات تأخذ البيئة بعين الاعتبار. وبما أن قطاع البناء هو القطاع الذي يستهلك أكبر قدر من الطاقة ويخلف أكبر قدر من التلوث ، فإن المهندس المعماري هو المعني الأول بالتفكير في كيفية الحفاظ على البيئة.

لذلك ، تم توجيه فكرنا نحو العمارة البيئية انطلاقًا من التصميم من أجل عمارة مستدامة وأقل فاعلية على المحيط للتقليل من التأثير السلبي على البيئة. فيعد استخدام وتطوير الطاقات المتجددة أمرًا ضروريًا للانتقال من مجتمع قائم على الاستهلاك المفرط للوقود الأحفوري (الفحم والنفط والغاز وما إلى ذلك) ، إلى مجتمع أكثر رصانة وأكثر إيكولوجية.

وإدراكًا للموارد الوطنية في الطاقة المتجددة، شهدت الجزائر خلال السنوات الأخيرة نشاطًا كبيرًا في هذا القطاع في ما يخص الأداء والكفاءة الطاقوية في المبنى، و هذا من خلال البرنامج الوطني الذي يسمح باستغلال أفضل لإمكانيات الطاقة المتجددة الهائلة الموجودة في الجزائر.

انطلاقًا من اقتناعنا بضرورة وجود مرافق لاستغلال وتطوير قطاع الطاقة المستدامة المهمة للتنمية الاقتصادية لوطننا ، اخترنا موضوع التصميم الإيكولوجي لمركز أبحاث الطاقة المتجددة في بسكرة وهي منطقة معروفة بمواردها الكبيرة في مجال الطاقات المتجددة.

الكلمات المفتاحية: التصميم الإيكولوجي ، العمارة البيئية ، التنمية المستدامة ، الطاقة المتجددة ، مركز البحوث.

CHAPITRE INTRODUCTIF :

Introduction Générale :

Les changements climatiques causant des hivers de plus en plus rudes et des étés de plus en plus chauds. L'enjeu aujourd'hui est à la fois de préserver et d'améliorer le confort des personnes et de réduire la consommation d'énergie par rapport notamment au chauffage et à la climatisation.

Par conséquent faut absolument intégrer l'efficacité énergétique dans toute sa dimension dans la conception de nos bâtiments, développer de nouveaux matériaux contribuant à l'efficacité énergétique, revoir nos systèmes constructifs et enfin promouvoir les entreprises de services énergétiques.

Ainsi, pour assurer cette efficacité énergétique, l'architecte doit prendre en considération les paramètres environnementaux dans la conception des projets. Les démarches environnementales ont un impact sur les choix tels que le positionnement dans le site ou encore l'orientation du bâtiment. Ces décisions peuvent difficilement être modifiées dans les phases avancées de conception et encore moins une fois la conception terminée. Lorsque les données environnementales sont intégrées dès les phases de conception, cette démarche est alors appelée « éco-conception », ou encore « éco-design »

Tout concepteur a besoin de connaître le climat du lieu où il doit construire. C'est à-dire le régime de la température et de l'humidité de l'air, le régime et la nature des précipitations, l'ensoleillement, le régime et la nature des vents durant le cycle annuel complet. Plusieurs paramètres climatiques listés ci-après sont importants à connaître pour l'écoconception des bâtiments, adaptés au climat, écoénergétique et confortables.

Notre sujet d'étude donc c'est l'écoconception des espaces de recherche à Biskra. En utilisant les outil d'aide à la décision pour l'écoconception d'un centre de recherche des énergies renouvelables

PROBLEMATIQUE

Le développement industriel a connu un essor prodigieux après la deuxième guerre mondiale, entraînant une croissance économique exponentielle. Ce développement a engendré de graves dégâts écologiques et provoqué de véritables catastrophes industrielles avec leurs conséquences néfastes sur l'homme, les ressources naturelles et le milieu de vie. Les gains de productivité à tout prix et l'utilisation à outrance des ressources naturelles ont provoqué une diminution de la biodiversité et une forte réduction des cultures autochtones. (*Mahi TABET-AOUL ;2010*)

Ainsi, les premiers penseurs de l'écologie vont émerger dès la fin du XIX^{ème} siècle (Haeckel, Paul Vidal de la Blache), alors que leurs idées ne vont véritablement prendre racine qu'au cours du XX^{ème}. La période entre 1850 et 1860 a connu le développement de la pensée de l'écologie par le biologiste Ernst Haeckel et le poète Henry David Thoreau » jusqu'à la fondation du Club de Rome et publication de son premier rapport « Halte à la croissance » (1968-1972) L'un des premiers textes référencés faisant usage du concept développement durable, Ce rapport publié en 1972 et écrit par deux scientifiques du MIT « *tentait de questionner notre modèle de développement économique basé sur la croissance économique infinie dans un monde aux ressources finies* ». Il montrait alors les limites écologiques de notre modèle.

Plusieurs crises écologiques et sociales ont secoué le monde au XX^{ème} siècle et vont faire prendre conscience qu'il faut un modèle plus durable, à partir de la crise bancaire américaine de 1907 jusqu'au deux choc pétroliers de 1973 et 1979 et des dettes des pays en développement. En plus des crises écologiques comme la marée noire de l'Exxon Valdez en 1989 et le réchauffement climatique, la pollution de l'air, la question de la couche d'ozone, la disparition de la biodiversité.... Au fur et à mesure de l'avancée des connaissances scientifiques sur ces enjeux, apparue la conscience de la nécessité de trouver un modèle économique susceptible de permettre d'assurer nos besoins sans détruire notre écosystème.

Ainsi, la transition écologique est au cœur de la société, et de nombreux pays sont aujourd'hui en train de prendre conscience que s'ils veulent exister et se développer sur le long terme, ils doivent préserver leurs espaces naturels, leurs ressources, mais également mettre fonder une société plus juste et plus égalitaire. (*youmatter.world 2020*)

Les combustibles fossiles produisent des gaz à effet de serre, responsables du réchauffement climatique et le stockage des déchets nucléaires pose problème. Aujourd'hui, tout le monde s'accorde à reconnaître que tout développement économique et social est impossible sans énergie. Ainsi, les besoins énergétiques ne cesseront de croître et le monde devra faire face à des pénuries de combustibles fossiles aussi bien qu'à des problèmes d'ordre écologique. Les systèmes énergétiques du futur seront donc ceux qui n'auront pas un impact néfaste sur l'environnement et on rêve de plus en plus d'une source d'énergie inépuisable et non polluante : une source d'énergie « verte ».

L'urgence de maîtriser les énergies afin de minimiser les dégâts sur la planète contribue à l'apparition et l'évolution des énergies renouvelables « pour l'accroissement de l'efficacité énergétique ». Dans la logique du développement durable il fallait trouver un accès aux ressources sans épuisement de celle-ci et sans dommages immédiat ou futur sur l'environnement, un accès qui respecte l'équité des nations. L'énergie renouvelable se doit d'être un puissant facteur de développement dans le monde. (*Z. TFYECHE 2004*).

Les démarches environnementales ont un impact sur les choix tels que le positionnement dans le site ou encore l'orientation du bâtiment. Il existe de nombreux termes pour qualifier l'approche environnementale de la construction d'un bâtiment : « écologique », « durable », « HQE », etc. Cette diversité est représentative de la pluralité des approches qui, si elles ont la même finalité (le respect de l'environnement), ne correspondent pas toutes aux mêmes priorités, et proposent des solutions différentes. (*Louise Ranck 2009*)

Ces décisions peuvent difficilement être modifiées dans les phases avancées de conception et encore moins une fois la conception terminée. Lorsque les données environnementales sont intégrées dès les phases de conception, cette démarche est alors appelée « éco-conception », ou encore « éco-design » (Gholipour, 2011).

Dans les énergies primaires, on peut distinguer les énergies épuisables (fossiles, pétrole, uranium) et les énergies inépuisables (énergies éolienne, solaire, géothermique, marémotrice, hydroélectrique, bioénergies, ...). L'énergie primaire consommée à l'heure actuelle est encore aujourd'hui très directement liée, à l'échelle mondiale, à l'utilisation des ressources fossiles carbonées. Face à ce constat, les enjeux de la recherche en énergies renouvelables sont primordiaux pour répondre à ce défi.

Conscient de cela, le législateur algérien a pris des dispositions réglementaires depuis de longues années avec la promulgation de la Loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie et particulièrement le décret exécutif 14-27 du 01 février 2014, fixant les prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques applicables aux constructions des wilayas du Sud. Cette volonté politique aura mérité d'être appuyée et soutenue au vu de l'impact positif sur la gestion des ressources naturelles et la création d'emplois. Et lance le projet du Centre de Développement des Énergies renouvelables (CDER), issu de la restructuration du Haut-Commissariat à la Recherche, créé le 22 mars 1988.

Dans ce cadre de la mise en œuvre de la politique énergétique nationale et de développement des énergies renouvelable, en 2011, le gouvernement Algérien a lancé un ambitieux programme de développement des Energies Renouvelables s'étalant sur 20 ans jusqu'au 2030. Ce programme avait connu une première phase consacrée à la réalisation de projets pilotes et de tests des différentes technologies disponibles. Durant cette période, des éléments pertinents concernant les évolutions technologiques des filières considérées sont apparus sur la scène énergétique et ont conduit à la révision de ce programme.

La révision de ce programme porte ainsi, sur le développement à grande échelle du photovoltaïque et de l'éolien, sur l'introduction des filières de la biomasse (valorisation des déchets), de la cogénération et de la géothermie. Le développement du solaire thermique CSP a été repoussé en 2021. Dans ce contexte, le CDER a établi un plan de développement 2016-2020 dans lequel sont définis **les domaines de recherche prioritaires**. Ce plan d'action et de développement est défini pour répondre aux besoins exprimés par le secteur socioéconomique d'une part et d'autre part pour accompagner les programmes de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en menant des recherches scientifiques, de développement technologique et de l'innovation dans les différents domaines, à savoir: le gisement d'énergie renouvelable, le solaire photovoltaïque et thermique, la géothermie, l'éolien, la bioénergie, l'hydrogène et l'efficacité énergétique.

Les potentiels énergétiques dans la région de Biskra en matière d'énergie renouvelable, et devant la consommation énergétique surtout de climatisation et ventilation des bâtiments en été, et la nécessité de sensibilisation à la rationalisation de la consommation énergétique; Face à ce constat, et pour répondre aux enjeux de la recherche en énergies renouvelables à Biskra et face à ce défi : La question qui s'impose donc vraiment s'est :

Comment utiliser les principes l'écoconception pour concevoir un centre des recherches écologique des énergies renouvelables performant aux contraintes climatique de Biskra ?

Les outils d'éco-conception actuellement utilisés sont très nombreux. Certains sont de prise en main aisée, d'autres sont complexes et coûteux en logiciels, en personnel et en temps. On se propose ici de faire un tri parmi les outils les plus courants afin d'aboutir à l'éco-conception d'un bâtiment écologique énergétiquement indépendant dans les contraintes du climat chaud et aride de Biskra.

Objectifs :

- Ecoconcevoir une installation de recherches confortable durable permettant le bon déroulement de la mission de recherche.
- Promouvoir et développer la recherche scientifique énergétique et l'innovation.
- Accueillir et soutenir les jeunes chercheurs, créateurs et inventeurs pour incarner leurs recherches et leurs inventions et protéger leurs droits soit par le droit d'auteur ou le dépôt de brevet.
- Diversification du revenu national.
- L'exploitation optimale du potentiel et gisement énergétique disponible.
- La sensibilisation et la formation dans le domaine des énergies renouvelable.
- S'inscrire dans la notion du développement durable et l'efficacité énergétique.
- Réduire la dépendance à l'énergie fossile.

Méthodologie de recherche

Dans ce travail on a essayé de faire une recherche bibliographique par la consultation des livres, des documents, des rapports, des mémoires et des sites internet, pour comprendre notre thème d'étude et répondre à la problématique posée Afin de mieux cerner les notions, les concepts et les différentes techniques correspondant à l'écoconception des espaces de recherche

Ce mémoire sera divisé en quatre chapitres :

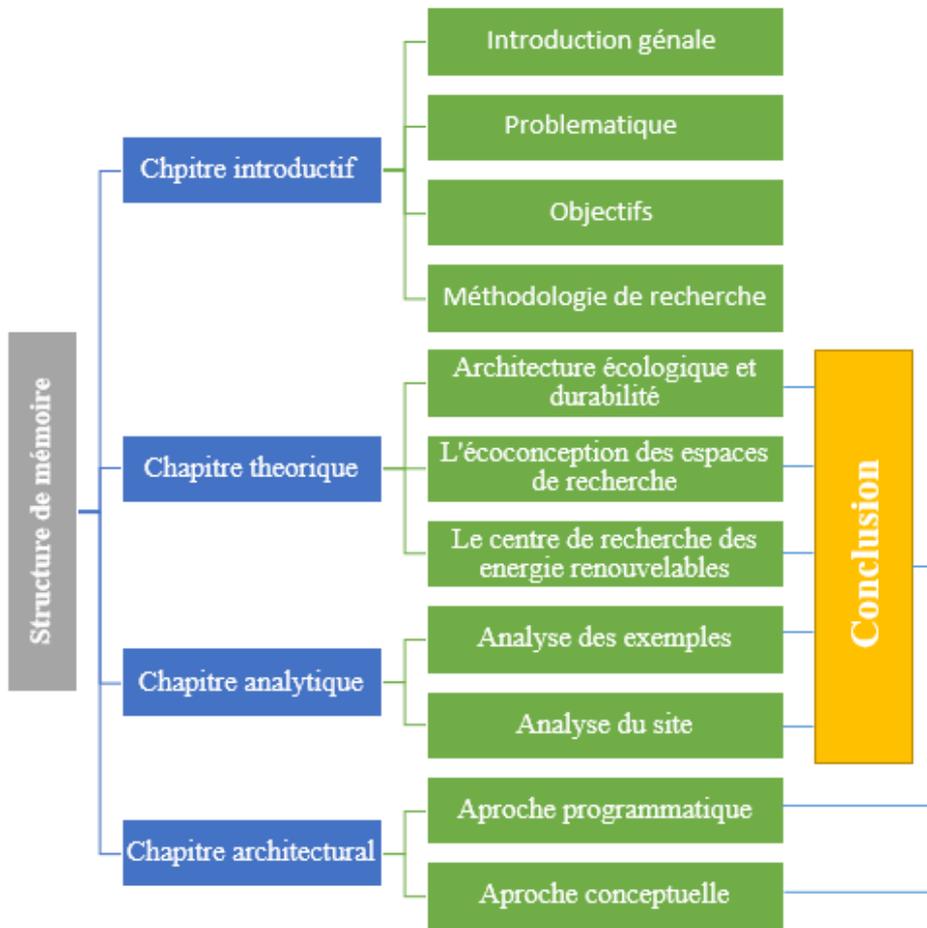
Chapitre introductif : Une introduction générale ; elle comportera la problématique, ainsi l'objectif de recherche.

Chapitre théorique : Qui consiste à cerner l'ensemble des concepts et définitions relatifs à la l'architecture écologique d'une recherche bibliographique sur les notions de durabilité, et d'autres relatives à l'écoconception des bâtiments et en fin sur les installations de recherche et énergies renouvelable

Chapitre analytique : Consiste l'analyse des exemples réalisé pour saisir toutes les paramètre du projet (formel, fonctionnel, constructif, structurel, ...etc) ; ainsi que l'analyse du site et ces paramètres climatiques en utilisant un logiciel d'analyse climatique d'aide à la conception.

Chapitre architectural : Ce chapitre est consacré au projet qui est « centre de recherche des énergies renouvelables » contenant ainsi le programme du projet, la méthode par lequel le projet a pris forme, les différentes représentations graphiques du projet ainsi que son fonctionnement.

Structure de mémoire



CHAPITRE THEORIQUE

1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons déterminer les termes liés à notre sujet d'étude qui va être consacré à l'exploration de la conception architecturale et plus particulièrement l'écoconception architecturale.

Nous cherchons dans un premier temps, définir la notion de « développement durable et cycle de vie » ainsi que les principes de l'architecture écologique », afin de comprendre et de situer les enjeux environnementaux liés au bâtiment. La phase de conception est la phase cruciale pour aboutir à un bâtiment écologique avec un maximum de passivité

Nous avons identifié, dans une autre part, différents types d'assistance pouvant accompagner l'écoconception : L'étude des méthodes et des outils d'aide à la décision conceptuelle comme outil d'assistance à l'écoconception architecturale. Et pour le bon fonctionnement de notre projet il nous faut connaître toutes les notions et enjeux liées au rôle de ce dernier.

I. Architecture écologique et durabilité :

1. Développement durable :

Le développement durable est une traduction française, d'ailleurs en partie erronée de « sustainable development » (développement soutenable), qui apparaît pour la première fois en 1987 dans un document communément nommé le « rapport Brundtland ». Ce rapport donne par ailleurs une définition aujourd'hui universellement adoptée du développement durable :

« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins. »

2. Pensée cycle de vie :

Tout produit est source d'impacts lors de sa fabrication, mais aussi lors de son utilisation, de son élimination, etc. Pour étudier les impacts environnementaux d'un produit, il faut donc considérer son cycle de vie de vie complet (avoir une pensée « cycle de vie »). Cette approche peut être plus ou moins approfondie selon les cas et suivant les méthodes utilisées. Si le produit est recyclé en fin de vie, cet enchaînement des étapes forme une boucle fermée, d'où l'expression « cycle de vie ». En réalité, cette boucle est rarement complètement fermée et dans de nombreux cas, elle est même ouverte (fig. 3



Figure 1: Les trois sphères du développement durable. (A.Liebard et A. De Herbe 2005)

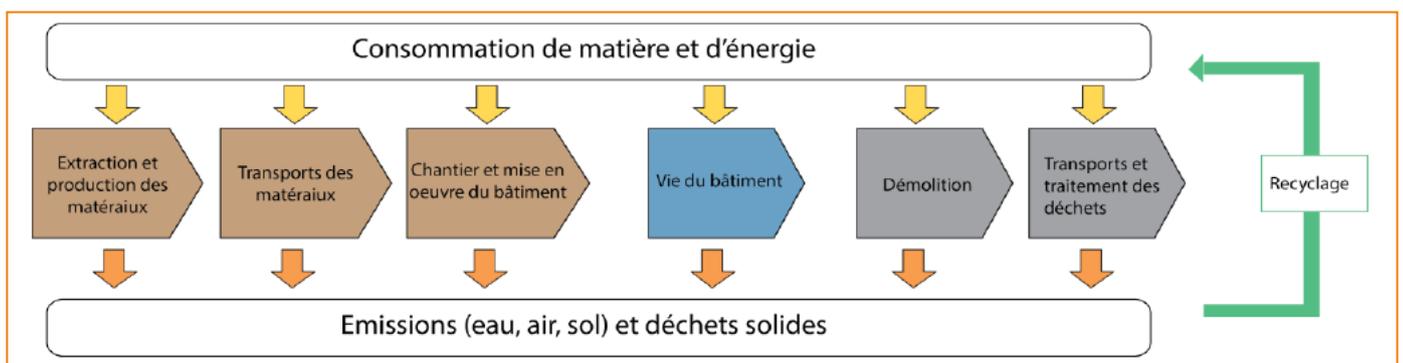


Figure 2: Schématisation du cycle de vie d'un bâtiment (CSTB formation, 2014)

3. La prise en compte de l'environnement

Un projet doit intégrer une partie ou la totalité des 7 catégories de conception qui visent l'optimisation du produit en termes d'empreinte environnementale:

1. L'amélioration de l'efficacité des matériaux.
2. Une production et une utilisation plus propres.
3. L'amélioration de l'efficacité énergétique.
4. L'optimisation de la fonctionnalité.
5. La durabilité.
6. La réutilisation, la récupération et le recyclage.
7. Le non-recours à des substances et des matériaux potentiellement dangereux.

(J.L. Menet et I. C. Gruescu , 2014 P.253)

4. Architecture écologique :

Quand on parle d'écologie en architecture, plusieurs termes, notions et thèmes peuvent être évoqués. Parmi eux nous avons sélectionnés: Développement Durable, Bioclimatique, Bâtiment à énergie positive, Bâtiment Autonome, Bâtiment Passif, Bâtiment à Basse Consommation (BBC), Eco-Construction, Bâtiment vert (green building), Bâtiments zéro carbone.

L'architecture écologique c'est un mode de conception et de réalisation ayant pour préoccupation de concevoir une architecture respectueuse de l'environnement et de l'écologie. On peut distinguer plusieurs orientations: le choix des matériaux, de dispositif pour favoriser les économies d'énergie en réduisant les besoins énergétiques, choix des méthodes d'apports énergétiques, le choix d'un cadre de vie. Le but primordial de l'architecture écologique ou durable est l'efficacité énergétique de la totalité du cycle de vie du bâtiment. Les architectes utilisent de nombreuses techniques différentes pour réduire les besoins énergétiques de bâtiments, et ils augmentent leur capacité à capturer ou générer leur propre énergie. (Belkhamza sarah 2012-2013)

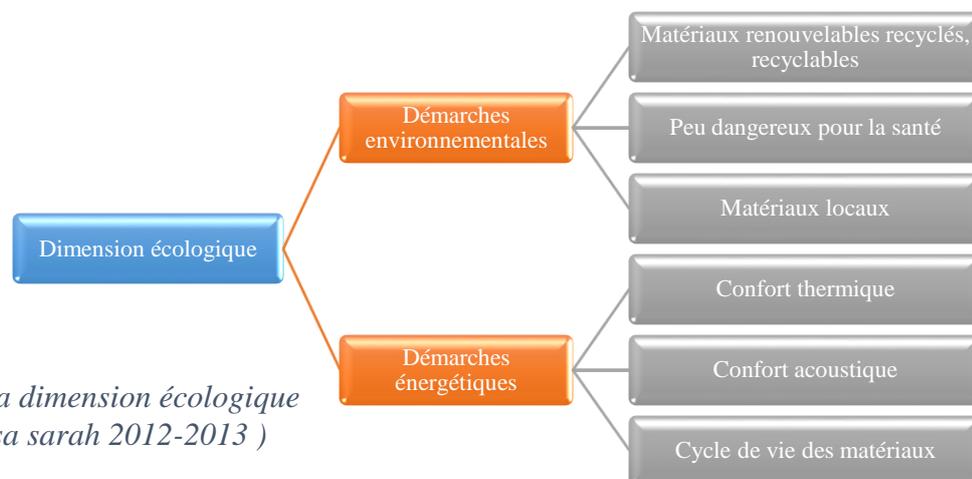


Figure 3 : La dimension écologique (Belkhamza sarah 2012-2013)

5. Les principes d'architecture écologique :

Les critères à respecter dans le cadre de l'architecture écoresponsable :

Le bioclimatisme :

a) Intégration au territoire :

- Analyser les particularités du territoire: géographie, géologie, culture et traditions locales, architecture vernaculaire.
- Prendre en compte la topographie, les vues et les caractéristiques climatiques: vents dominants, angles du soleil selon les saisons, masques dus au relief et la végétation.
- Analyser les ressources locales: forêts, carrières, etc.

- Adapter le bâti au terrain: limiter terrassements et murs de soutènement, protéger les sols à l'écosystème fragile.
- Préserver la végétation existante et choisir des végétaux locaux pour les plantations

b) Maîtrise des besoins en énergie pour le confort thermique (chauffage, eau chaude et rafraîchissement) :

b.1. Mesures passives sur l'enveloppe

- Implantation tenant compte des caractéristiques climatiques
- Forme du bâti compacte pour réduire les déperditions thermiques
- Dimensionnement des baies en fonction de l'orientation
- Positionnement des ouvertures favorisant la ventilation naturelle
- Qualité des vitrages (doubles. voire triples, avec lame en gaz rare)
- Isolation renforcée de l'enveloppe et suppression des ponts thermiques
- Protections solaires optimisées pour arrêter les rayons du soleil en été et les laisser pénétrer dans le bâti en hiver

b.2. Installations techniques

- Puits canadien pour préchauffer l'air neuf en hiver et le rafraîchir en été
- Pompe à chaleur si possible réversible pour chauffer et rafraîchir
- Ventilation double flux avec récupérateur de chaleur à haut rendement
- Poêle à bois dans les régions forestières
- Capteurs solaires thermiques pour l'eau chaude sanitaire
- Choix d'appareils performants [classe A de l'étiquette énergie]

c) Maîtrise des besoins en énergie pour le confort visuel (éclairage naturel et artificiel) :

- Orientation et dimensionnement judicieux des ouvertures
- Protections solaires fixes et mobiles pour éviter l'éblouissement
- Choix d'ampoules fluo compactes à basse consommation
- Choix d'appareils performants [classe A de l'étiquette énergie]

Choix des matériaux

- Préférer les matériaux renouvelables (bols), recyclés (cellulose), recyclables ou Peu énergivores
- Utiliser des matériaux et des finitions reconnus sans danger pour la santé
- Choisir des matériaux produits dans la région pour favoriser l'économie locale et limiter le transport source de pollution

Maîtrise du cycle de l'eau

- Utiliser des Installations sanitaires économes en eau.
- Récupérer l'eau de pluie pour l'arrosage du jardin, voire l'alimentation des chasses d'eau des toilettes et du lave-linge
- Végétaliser les toitures
- Traiter naturellement les eaux usées avec des jardins filtrants (iris, Roseaux, etc)

Maîtrise des déchets

- Mettre en place un chantier vert avec tri sélectif des déchets
- Présence d'éléments à forte inertie thermique
- Tenir compte des dimensions de fabrication des matériaux pour minimiser les chutes

- Préférer les filières sèches et la préfabrication pour réduire la durée du chantier.

(Encyclopédie Universalis France 2020)

6. Quelques notions sur les labels énergétiques :

6.1. La haute qualité environnementale (HQE):

C'est un concept environnemental français datant de 2004. Il vise « à limiter à court et à long terme les impacts environnementaux d'une opération de construction ou de réhabilitation, tout en assurant aux occupants des conditions de vie saine et confortable ». (GAUTIER CRÉATIONS 2015)

6.2. Bâtiment Passive:

L'habitat passif est une notion désignant un bâtiment dont la consommation énergétique au mètre carré est très basse, voire entièrement compensée par les apports solaires ou par les calories émises par les apports internes (matériel électrique et habitants).

6.3. Bâtiment basse consommation:

Le terme BBC sous-entendu « énergétique », désigne un bâtiment pour lequel la consommation énergétique nécessaire pour le chauffer et le climatiser est notoirement diminuée par rapport à des bâtiments standards.

Un bâtiment basse consommation selon la réglementation thermique française RT2012 est un bâtiment, dont la consommation conventionnelle en énergie primaire, pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires techniques (pompes...), est inférieure de 80 % à la consommation normale réglementaire. (GAUTIER CRÉATIONS 2015)

6.4. Un bâtiment autonome:

C'est un bâtiment qui produit lui-même toute l'énergie dont il a besoin, au moins pendant une partie de l'année. Ce type de construction est souvent équipé de cellules photovoltaïques afin de produire l'énergie électrique nécessaire à le rendre autonome. Cette autonomie peut aussi s'étendre à l'eau potable par recyclage des eaux usées. (GAUTIER CRÉATIONS 2015)

6.5. Bâtiment à énergie positive:

Abrégé en « BEPOS » est un bâtiment qui produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Cette différence de consommation est généralement considérée sur une période lissée d'un an. Si la période est très courte, on parle plutôt de bâtiment autonome. Il s'agit généralement d'un bâtiment passif très performant et fortement équipé en moyens de production d'énergie par rapport à ses besoins en énergie. Les toits, murs, voire les fenêtres ou d'autres éléments (verrières de véranda ou balcons, murs d'enceinte, toiture de garage ou appentis, fondations, etc.) peuvent être mis à profit pour accumuler et restituer de la chaleur ou produire de l'électricité. (GAUTIER CRÉATIONS 2015)

6.6. Le label Minergie

Le label Minergie, ainsi que le service de contrôle. Le standard est établi par l'association Minergie conjointement avec les associations professionnelles et est soutenu par les différents services cantonaux de l'énergie chargés d'inciter à des mesures d'économie d'énergie. En outre, l'utilisateur choisissant de construire selon le label Minergie peut prétendre à des subventions de l'État.

Le label s'appuie sur les normes de constructions en vigueur et exige des valeurs limites de consommation d'énergie plus strictes.

Pour le coefficient de transfert thermique, certaines valeurs U pour l'enveloppe de bâtiment ne doivent pas être dépassées, notamment 0,2 W/(m²·K) pour les murs, le toit et les sols et 1,3 W/(m²·K) pour les fenêtres.

Pour cela le label Minergie propose, en association avec les branches professionnelles concernées, des modules de construction qui répondent aux normes du label. Il n'est toutefois pas obligatoire de construire en utilisant ces modules : n'importe quel mode de construction ayant les qualités requises permet au projet soumis de prétendre au label. (GAUTIER CRÉATIONS 2015)

6.7. Le label Passivhaus

C'est un label allemand de performance énergétique dans les bâtiments.

Il est accordé aux logements neufs dont les besoins en chauffage sont inférieurs à 15 kWh/m²/an. La consommation totale, calculée en énergie primaire, prenant en compte le chauffage, la ventilation, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire, les auxiliaires et les équipements électrodomestiques, doit être inférieure à 120 kWh/m²/an.

Il met également l'accent sur l'étanchéité à l'air du bâtiment ($n_{50} \leq 0,6$ vol/h). Cette étanchéité est en effet indispensable pour assurer un bon fonctionnement du système mécanique de ventilation (VMC), et ainsi pouvoir utiliser une ventilation double-flux avec récupération de chaleur. (GAUTIER CRÉATIONS 2015)

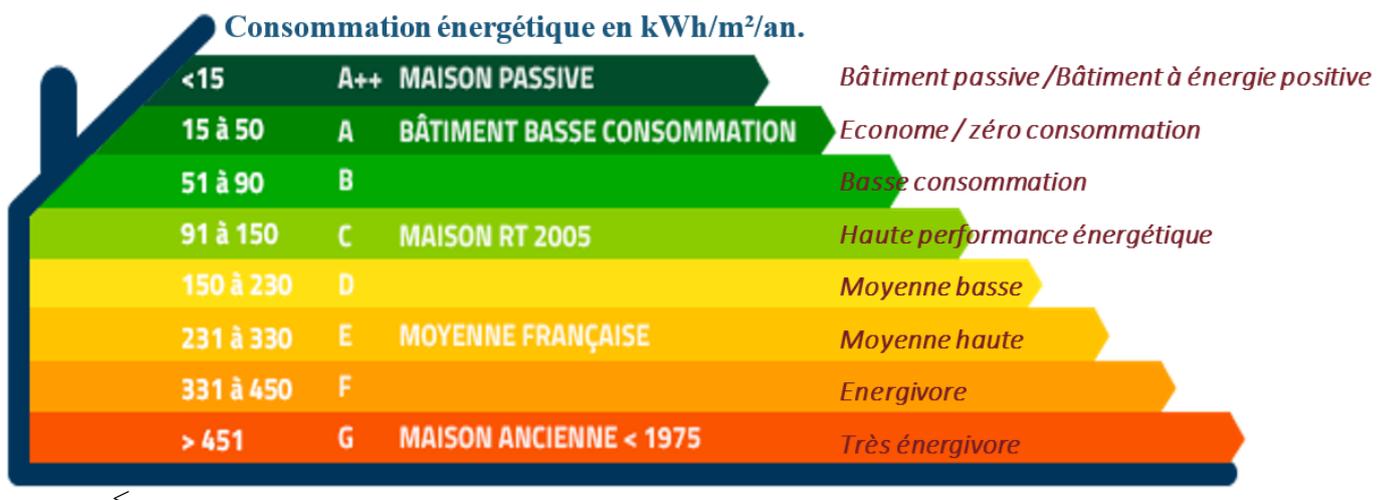


Figure 4: Les labels de performance énergétique (GAUTIER CRÉATIONS 2015)

II. L'écoconception des espaces de recherche :

2. La conception architecturale :

Nous prenons le parti d'employer le terme de conception en architecture pour désigner l'activité qui se déroule en phase d'études d'un projet d'architecture et où architecte, ingénieurs, économiste, paysagiste ...etc sont engagés dans un travail collectif de conception et de synthèse et sont attentifs aux mode de fabrication et de mise en œuvre des ouvrages. Il ne s'agit pas en soi d'un processus (classique) de résolution de problèmes, mais d'un processus où il existe une multiplicité de problèmes mal structurés à caractère distinct, à énoncer et à résoudre [Scaletsky 03]. En outre, par conception architecturale nous désignons l'activité de création propre à l'architecte recentrée sur l'expertise

spatiale et esthétique, ainsi que sur l'imagination et l'invention architecturale. (Ahmed LAROUSSI, 2001 ; P.23)

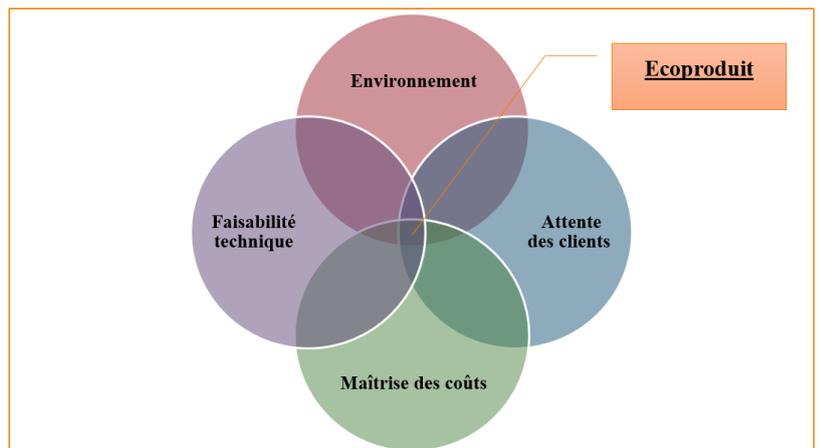
3. L'écoconception : que signifie le préfixe « éco » ?

Le préfixe « éco » peut avoir plusieurs sens, mais il est en relation notamment avec l'économie et l'écologie. Par exemple, la recherche systématique de réduction des quantités de matières premières, dans une démarche de conception classique, a pour effet la diminution des coûts de production. Ainsi, la réalisation d'un produit moins énergivore permet de faire des économies durant son étape d'utilisation. Mais ces deux aspects sont très liés si on considère l'empreinte environnementale du produit, car les économies de matières premières et d'énergies sont deux des principaux critères suivis pour concevoir des produits ou des biens dont l'empreinte environnementale est réduite.

L'écoconception est décrite du point de vue de la recherche et des professionnels comme une approche qui doit répondre à des problèmes et des enjeux environnementaux globaux, multiples, (Le Pochat, 2005) caractérisés d'incertains (Gholipour, 2011), sans pour autant affecter les autres objectifs de l'architecture. Elle met en jeu une combinaison d'interactions ou de rétroactions entre les éléments qui constituent le projet et son environnement physique (Peuportier et al., 2006) nécessitant des ajustements délicats et progressifs, entre consensus et équilibre. (Charline WEISSENSTEIN 2012 P.39)

Ainsi, l'écoconception consiste « simplement » à intégrer un quatrième critère aux trois critères utilisés en conception et définis ci-dessus : le critère environnemental.

Figure 5: Principaux enjeux intervenant dans l'écoconception d'un produit (D'après ADEME)



- ✓ On appelle **écoproduit** un produit **éco-conçu**.

4. Méthodologie d'écoconception :

a) Analyse fonctionnelle :

Pour concevoir un produit, on a recours à l'analyse fonctionnelle. L'analyse fonctionnelle permet l'expression du besoin (par la définition des fonctions d'usage et d'estime du produit) et l'amélioration des fonctions du produit, la réduction des coûts, etc.

Ainsi, l'analyse fonctionnelle consiste à définir la ou les fonctions d'un produit, fonctions qui doivent être recensées, caractérisées, et hiérarchisées :

- La **fonction principale** (ou **fonction d'usage**) a pour but de satisfaire le besoin.
- La ou les **fonctions complémentaires** viennent en complément de la fonction principale.
- Les fonctions contraintes.

Il existe de nombreux outils destinés à aider le concepteur dans la définition de la fonction du produit et plus généralement dans l'analyse fonctionnelle, par exemple:

- La bête à cornes, qui permet d'aider à la recherche d'un besoin;
- Le cahier des charges qui permet de lister et de décrire les Fonctions (primaires, secondaires et contraintes) du produit ;
- Le diagramme pieuvre, qui aide à définir les liens entre les différentes Fonctions ;
- Le diagramme FAST (Functional Analysis System Technique), qui aide à trouver des solutions techniques pour les différentes fonctions.
- Le diagramme SADT (Structured Analysis and Design Technique), qui est une approche système d'un produit complexe.

L'écoconception doit aborder quatre principes fondamentaux:

a) Définition de l'objectif de la démarche :

Deux approches sont possibles:

- L'écoconception d'un nouveau produit (démarche de rupture) ;
- L'amélioration d'un produit existant.

b) Identification des fonctions du produit et pensée cycle de vie :

Deux impératifs doivent être pris en compte:

- L'identification des étapes du cycle de vie du produit et de ses composants;
- La détermination du service rendu par le produit grâce à l'analyse fonctionnelle.

c) Évaluation des impacts environnementaux :

Il faut connaître ou calculer:

- Les flux entrants et sortants;
- Les impacts environnementaux de ces flux.

d) Pistes d'améliorations :

Après calcul des impacts environnementaux, l'amélioration du produit Passe par:

- L'identification des paramètres influents;
- Des actions sur ces paramètres pour diminuer les impacts.

5. Outil stratégique d'écoconception :

a) La phase d'intervention :

Pour tout projet de bâtiment, l'architecte entre dans un processus de conception structuré autour de plusieurs étapes, allant de la préconception, en passant par la conception en elle-même, jusqu'à la post-conception. Chaque étape possède ses propres caractéristiques et ses propres contraintes pour le concepteur. L'étape centrale qui est la conception, se compose notamment d'une phase que l'on appelle la phase esquisse durant laquelle se cristallisent les idées de l'architecte, pendant cette période, si le concepteur utilise un outil d'aide à la conception quelconque, il est nécessaire que celui-ci respecte certaines attentes et réponde à ses besoins.

| |
|---|
| Acoustique |
| Aide à la conception bioclimatique |
| ACV - Impacts environnementaux |
| Analyse multicritère inter-thématique |
| Architecture et thermique / énergétique du bâtiment |
| Autre outil (optimisation, etc.) |
| Données climatiques |
| Durée de vie et cout global |
| Eclairage (naturel et artificiel) |
| Géographie - Cartographie |
| Grille d'analyse |
| Guide méthodologique / Banque de données |
| Hygrothermique et Fluides du bâtiment |
| Modélisation 3D |
| Puits climatique |
| Qualité de l'air intérieur |
| Rénovation énergétique |
| Simulation Thermique Dynamique |
| Solaires - Energies renouvelables |
| Ventilation naturelle et mécanique |

Tableau 01 : Répartition des types outils étudiés en fonction des thématiques qu'ils abordent (l'auteur 2021)

b) Les types d'outils :

Il existe un grand nombre d'outils à la disposition des concepteurs et architectes. En plus des logiciels de dessin 2D et 3D qui se sont largement diffusés depuis les années 1960 (Saphin et al. cité dans Arantes, 2014), un large panel d'outils de simulations ou d'analyse de performances du bâtiment est à la disposition des professionnels, que ce soit pour des questions de thermique et d'énergétique, d'impacts environnementaux ou de confort lumineux.

a) La roue de stratégie d'écoconception

Une méthode reconnue pour « dérouler » la méthode est d'utiliser la roue de stratégie d'écoconception. Cet outil, plus ou moins complexe et détaillé, permet de mettre en place certains principes élémentaires en matière d'écoconception (fig. 3). Avec cet outil, l'éco-concepteur gagnera du temps, aura une idée plus précise de ce qu'il peut mettre en place, produira une documentation claire et conforme aux attentes de ses interlocuteurs et sera en mesure de communiquer via des supports simples et adaptés.

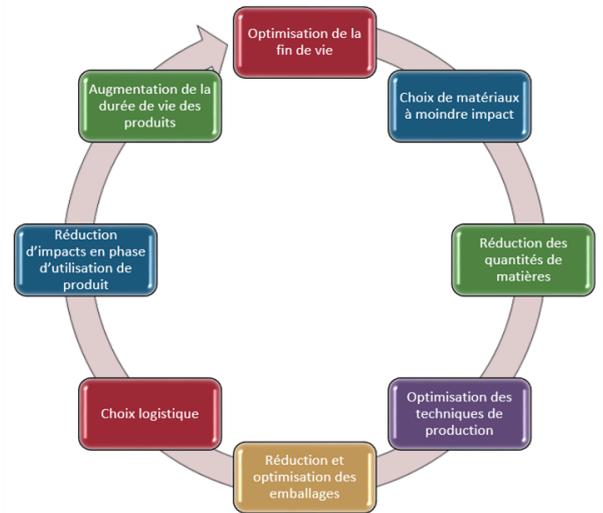


Figure 6: Exemple de roue de stratégie d'écoconception (J.L. Menet et I. C. Gruescu , 2014 ; P.25)

b) Bon sens écologique

- Réduire la consommation de matières et/ou d'énergie lors de la production.
- Augmenter la durée de vie des produits.
- Utiliser des matériaux recyclables et/ou des matériaux facilement « séparables ».
- Agir sur la phase d'utilisation.
- Limiter les coûts de maintenance.
- Tenir compte du comportement des utilisateurs.

c) Règle des 6 Re

« *Design For Environment* » Issue du bon sens écologique, la règle des **6 Re** est une démarche d'amélioration progressive des produits (niveau 1 de maturité) et donc d'écoconception.

L'idée est de concevoir un produit en intégrant les six points suivants :

- **R**epenser le produit et ses fonctions;
- **R**éparer le produit (rendre facile le désassemblage du produit, rendre sa réparation aisée) « flexibilité ».
- **R**emplacer les substances dangereuses par des substances plus saines.
- **R**éutiliser (prévoir la réutilisation de tout ou partie des éléments du produit).
- **R**éduire les consommations d'énergie, de matière et les impacts en général, y compris socio-économiques.
- **R**ecycler (sélectionner des matériaux recyclés et/ou recyclables).

d) Guides et « Check-lists » (listes de contrôle)

Les check-lists sont des listes de contrôle guidant le concepteur dans l'évaluation d'un produit vis-à-vis de l'environnement: il lui suffit de répondre à des questions précises pour chaque étape du cycle de vie (« cochage »). Les réponses vont guider le concepteur dans la recherche d'améliorations ou le développement de nouveaux produits. (J.L. Menet et I. C. Gruescu , 2014)

6. Les paramètres d'écoconception :

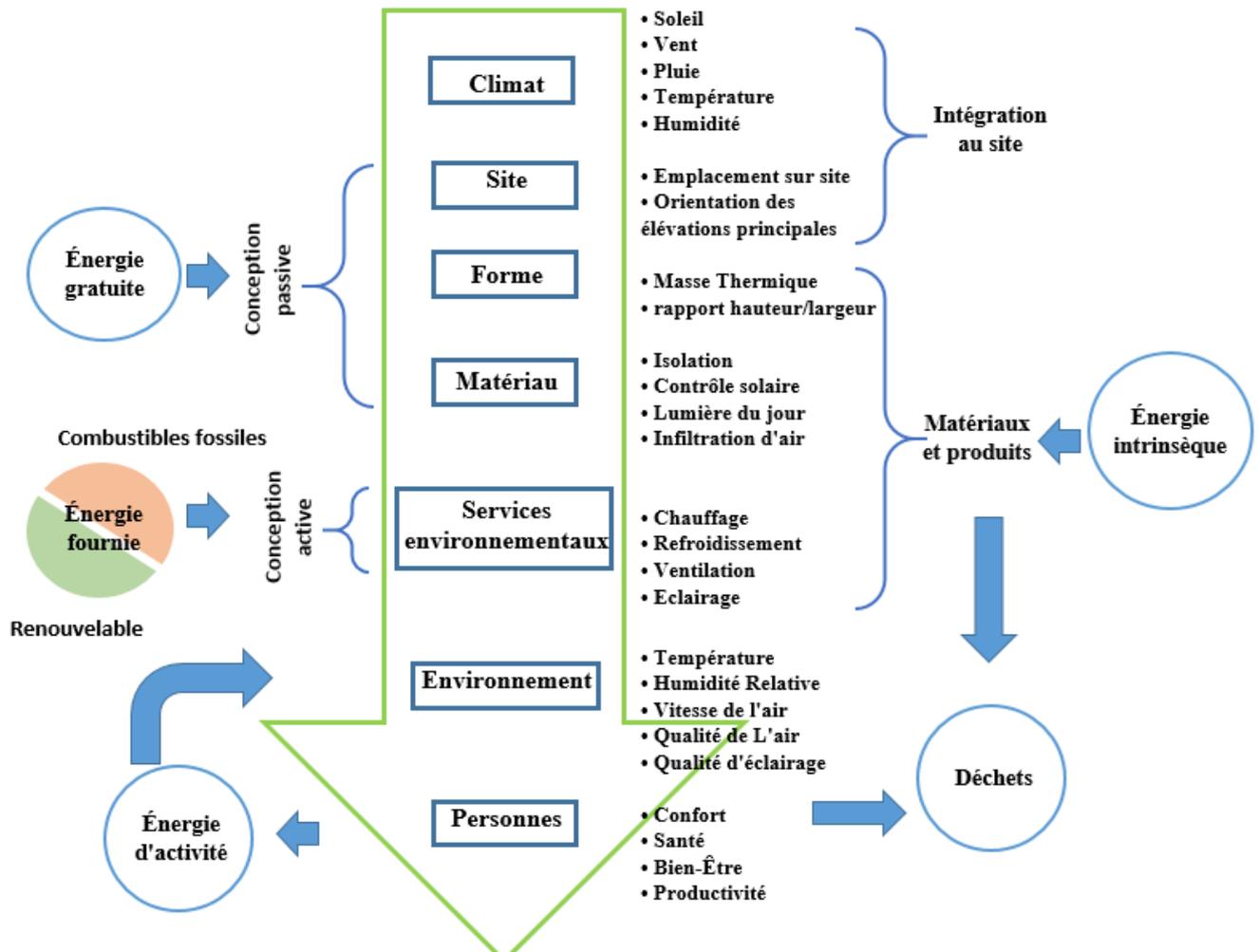


Figure 7: Schéma représentatif des différents paramètres de conception environnemental d'un bâtiment (l'auteur 2021)

L'écoconception de bâtiment pour atteindre le confort pour une condition climatique donnée ou, la conception passive est liée à la forme et au tissu du bâtiment. La conception active est liée aux services mécaniques, à la consommation d'énergie et à l'impact environnemental. Les conditions environnementales doivent être adaptées à la santé et au confort des occupants. Il existe un certain nombre d'intrants énergétiques associés à la construction et à l'exploitation d'un bâtiment. (Pamela Buxton 2018)

7. Quelques outils d'aide à la décision et à l'écoconception :

9.1. Les diagrammes bioclimatiques

Parmi les outils les plus connus dans ce domaine on peut citer le diagramme bioclimatique d'Olgay, celui de Givoni, les tables de Mahoney, et la méthode de Szokolay.

Les diagrammes bioclimatiques sont des outils de synthèse qui permettent de choisir les grandes options architecturales à partir des exigences du confort thermique et des profils du climat extérieur.

Le principe consiste à confronter sur un même graphique, « un polygone de confort », un 'climato gramme' représentant les conditions extérieures et l'aire d'influence thermique et hygrométrique de certaines solutions architecturales ou de certains dispositifs.

Le diagramme bioclimatique combine plusieurs types de données dont:

1. Les données du climat extérieur.
2. Les données du confort thermique.
Paramètres de contrôle du confort thermique
3. Les données des solutions architecturales
 - b) Inertie thermique.
 - c) Résistances thermiques.
 - d) Ventilation.
 - e) Captation solaire.
 - f) Systèmes de chauffage et de climatisation naturelle.

9.2. Diagramme bioclimatique d'Olgay

Les frères Olgay ont été chronologiquement les premiers à approfondir la notion de confort thermique et à essayer d'établir des relations avec les ambiances intérieures des bâtiments. La méthode assume que le confort thermique ne peut être estimé à partir du seul paramètre qu'est la température d'air, mais fait au contraire intervenir plusieurs facteurs tels que l'humidité et la vitesse d'air.

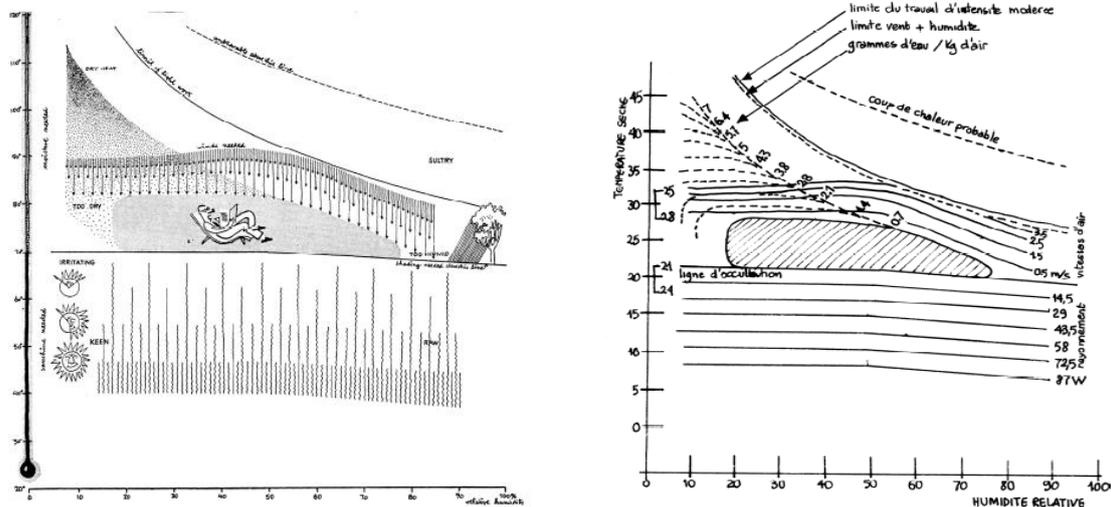


Figure 8: Diagramme bioclimatique d'Olgay

9.3. Diagramme bioclimatique de Givoni :

B. Givoni, en se basant sur des études concernant le métabolisme et des diverses voies d'échanges thermiques entre le corps et l'environnement. Il a inventé un diagramme représente les limites des ambiances confortables en deux parties:

La méthode décrite ici fait appel à l'indice de contrainte thermique pour évaluer les exigences physiologiques du confort, à partir desquelles on détermine les grandes lignes de la conception du bâtiment qui permettent de garantir ce confort; elle comprend aussi une estimation du climat intérieur attendu sous les conditions ambiantes données.

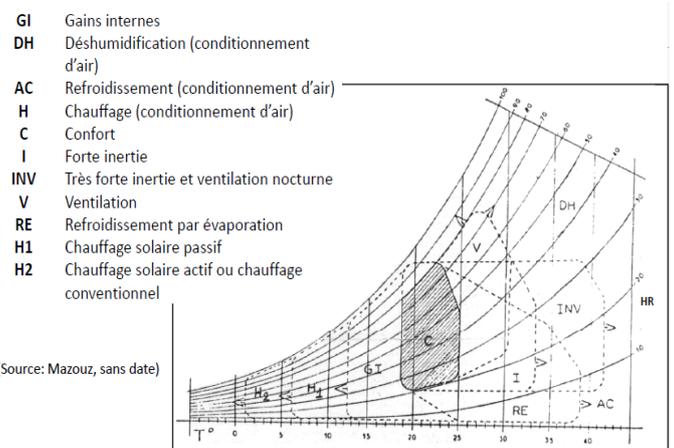


Figure 9: Diagramme bioclimatique de Givoni

9.4. Les tables de Mahoney

L'interprétation des données climatiques à l'aide d'une série de tableaux permet de déboucher assez rapidement sur des recommandations concernant les éléments architecturaux d'un projet. Cette méthode fait intervenir en plus de la température et l'humidité, la notion de confort diurne et nocturne.

Les tables de Mahoney peuvent être réparties en deux ensembles: les tables diagnostic et les tables recommandations. [Annexe 01](#)

9.5. La méthode Vogt et Miller-Chagas

En se basant sur les études de Givoni et d'autres, ils donnent sept conditions de base à satisfaire. Ces conditions peuvent être traduites de manière graphique dans une zone de confort qui est circonscrite par cinq limites (polygone de confort).

Deux de ces limites sont fixes (*tension de vapeur minimale supérieure à 10 mm Hg*, et courbe *d'humidité relative* ne dépasse pas 80%) et les trois autres sont variables et dépendent du métabolisme, de la tenue vestimentaire et la vitesse d'air intérieur (*T. opérative inférieure*, *T. opérative supérieure* et *l'humidité ambiante*).

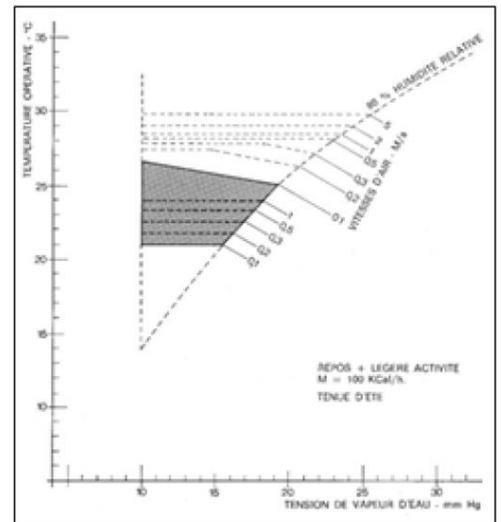


Figure 10: Diagramme de Vogt et Miller-Chagas

9.6. Logicielle de simulation :

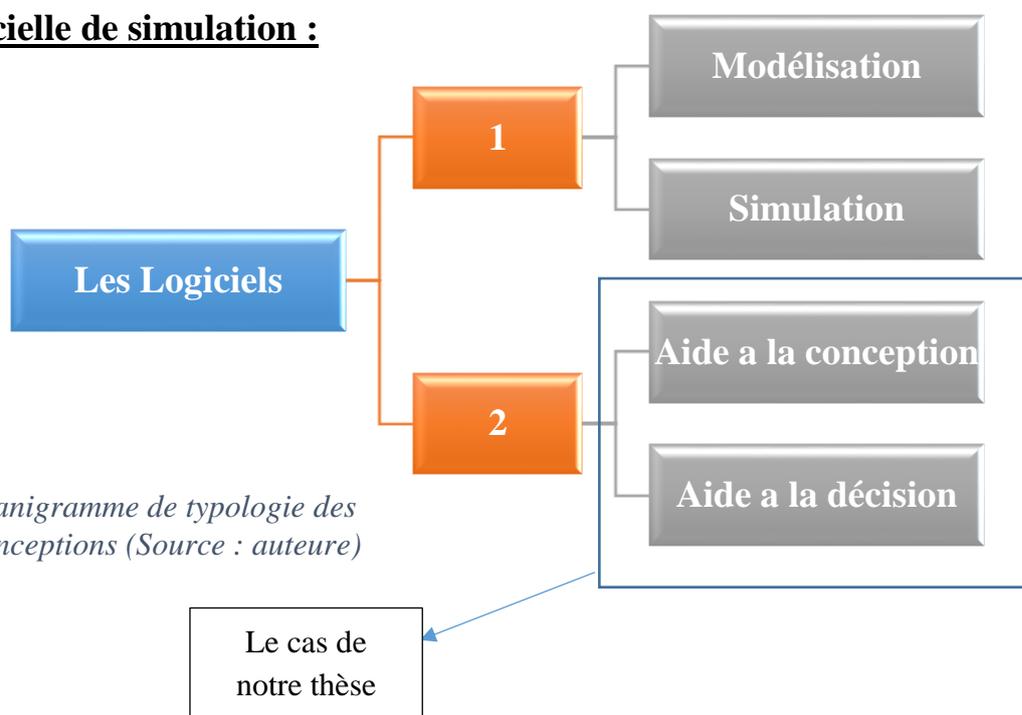


Figure 11: Organigramme de typologie des logicielles de conceptions (Source : auteure)

Exemple: Ecotect - Climat Consultant - Velux Daylight Visualizer – Daysim ...etc

10. Les stratégies conceptuelles en phase d'esquisse

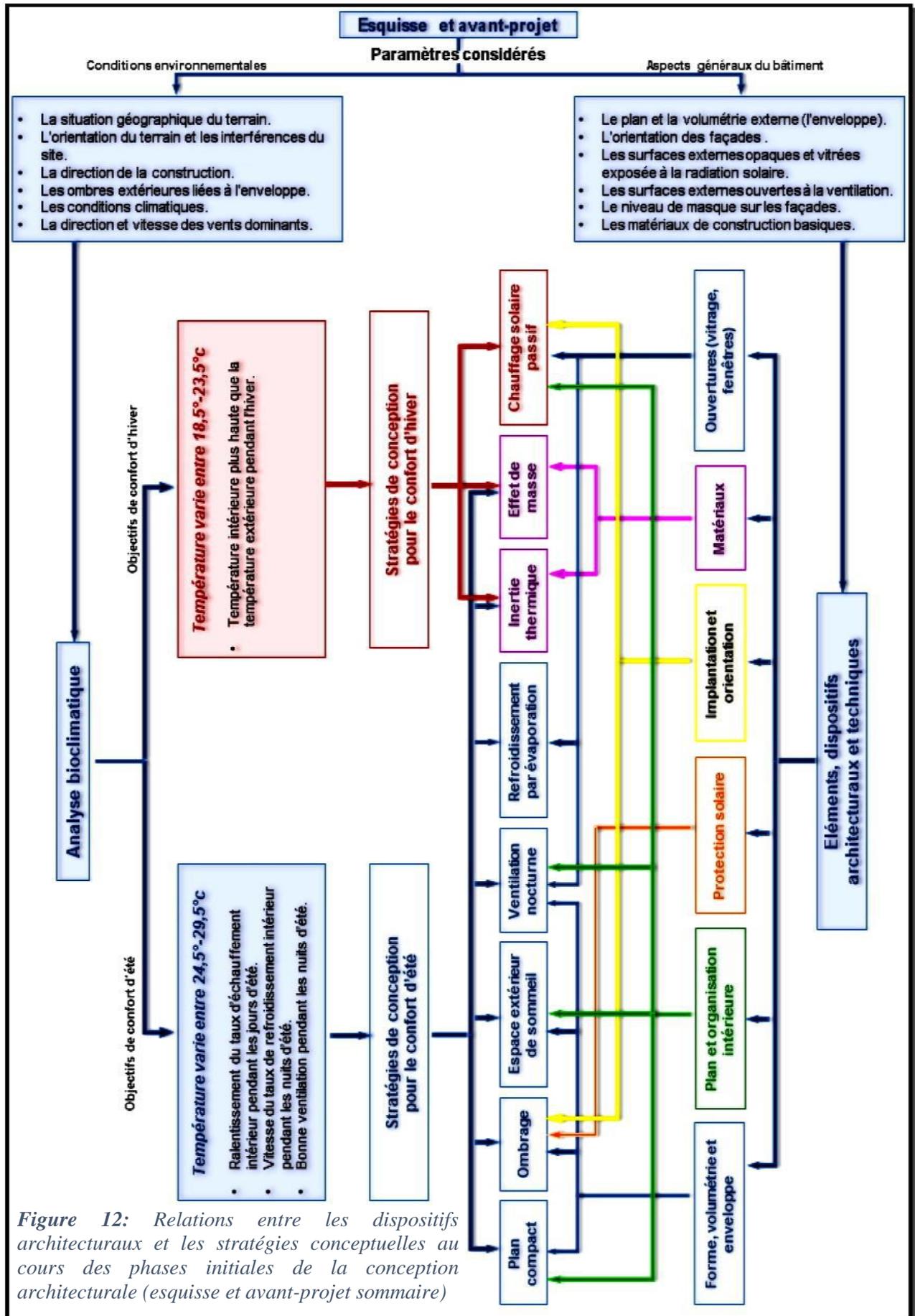


Figure 12: Relations entre les dispositifs architecturaux et les stratégies conceptuelles au cours des phases initiales de la conception architecturale (esquisse et avant-projet sommaire)

(Source : Hocine Khelifaoui/Paris/2001)

III. Le Centre de Recherche des Energies Renouvelables :

1. Définition de la recherche:

La recherche scientifique est un processus dynamique ou une démarche rationnelle qui permet d'examiner des phénomènes, des problèmes à résoudre, et d'obtenir des réponses précises à partir d'investigations. Ce processus se caractérise par le fait qu'il est systématique et rigoureux et conduit à l'acquisition de nouvelles connaissances.

Les fonctions de la recherche sont de décrire, d'expliquer, de comprendre, d'évaluer, de prédire des faits, des phénomènes et des conduites. Ainsi on se retrouve en présence d'un ensemble d'activités intellectuelles méthodiques. Autrement dit, utiliser et respecter les règles, les normes et les principes de la démarche scientifique et appliquer les différentes méthodes. Cette démarche scientifique a pour but l'acquisition des connaissances dont la visée est d'apporter une réponse ou une solution à des problèmes. Là où il y a une recherche scientifique, il y a toujours un problème qui se pose et qui exige une réponse. Celle-ci peut être originale ou inédite par rapport aux réponses précédentes proposées.

Cependant le chercheur doit avoir un esprit d'impartialité et mettre entre parenthèses certains préjugés pouvant constituer un obstacle épistémologique. Il est aussi invité à la fidélité dans la restitution de la pensée des auteurs consultés, à l'honnêteté intellectuelle pour éviter le plagiat et la falsification des résultats, à cultiver l'esprit critique et autocritique durant sa démarche scientifique et être ouvert à toute remise en question des résultats de ses recherches. (Eric LUBANGU 2018).

2. L'organigramme national de la recherche

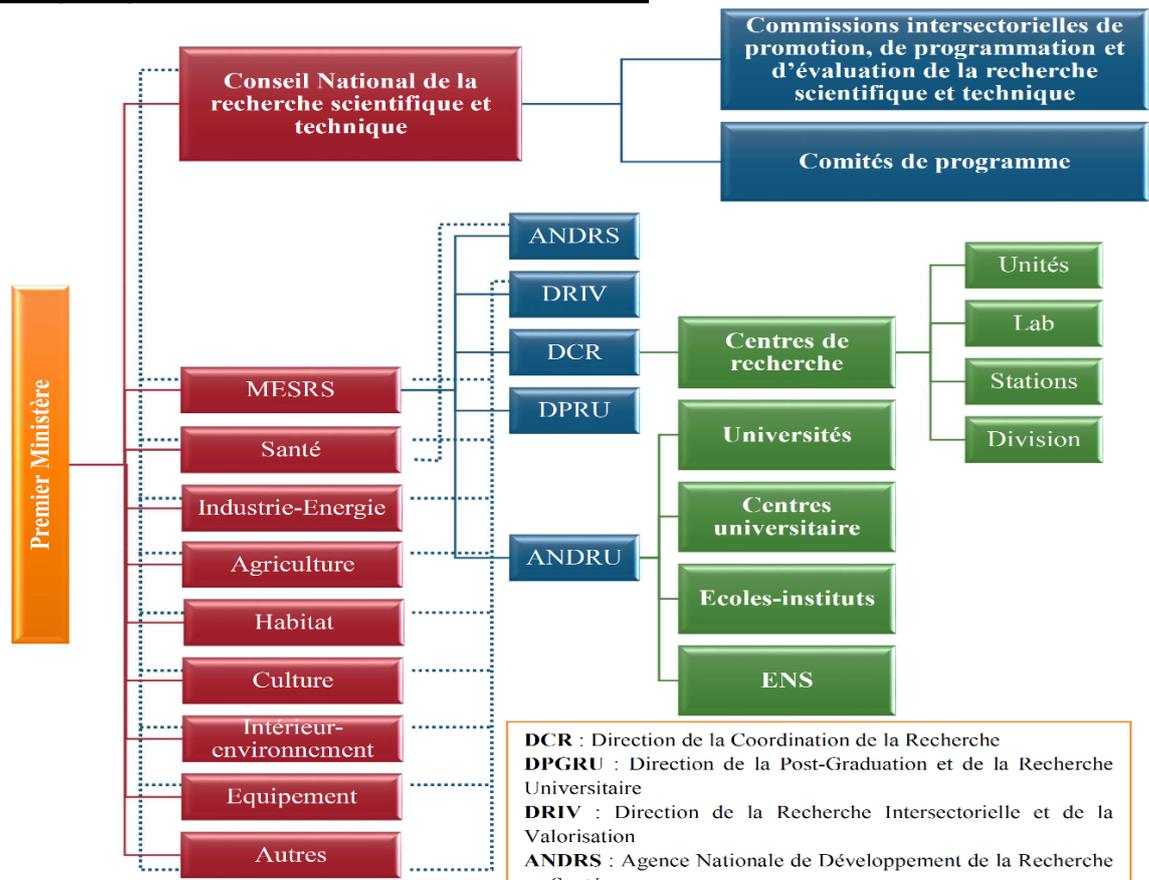


Figure 13: L'organigramme national de la recherche

(Source : Hocine Khelfaoui/Paris/2001)

3. Les installations de recherche

Symboles du progrès technologique de la Nation, les installations de recherche sont essentielles aux découvertes et aux percées d'hier, d'aujourd'hui et de demain. Des milliers de scientifiques et d'ingénieurs des secteurs public et privé provenant d'industries telles que les produits pharmaceutiques, biomédicaux, manufacturiers et biotechnologiques utilisent tous les types de laboratoires et d'instruments pour faire avancer les frontières du savoir. Parfois, une installation entière peut être construite pour soutenir les instruments spécialisés requis pour la recherche, y compris les accélérateurs, les sources lumineuses, les réacteurs de recherche, les installations de faisceaux de neutrons, le plasma, les installations scientifiques de fusion, les centres génomiques, les centres informatiques avancés, les souffleries, les installations d'essai de modèles, les cellules chaudes et les installations de lancement.

Il existe de nombreux types d'installations de recherche. Ils sont divisés en deux grands groupes : les installations de recherche animale et les laboratoires de recherche. Les laboratoires de recherche sont en outre classés par type (p. ex., laboratoires humides et laboratoires secs) et par secteurs (p. ex., laboratoires universitaires, corporatifs et gouvernementaux). (*Par le Sous-comité WBDG Actualisé: 05-15-2017*)

4. Centre des recherches énergétiques :

C'est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST) chargé d'élaborer et de mettre en œuvre les programmes de recherche et de développement, scientifiques et technologiques, des systèmes énergétiques exploitant l'énergie solaire, éolienne, géothermique et l'énergie de la biomasse.

5. Le Laboratoire De Recherche

Un laboratoire est une installation qui fournit des conditions contrôlées dans lesquelles des méthodes scientifiques comprenant la recherche, le développement et l'analyse peuvent être menées ou enseignées. Au XXI^e siècle, les clients poussent les équipes de conception de projets à créer des laboratoires de recherche qui répondent aux besoins actuels et futurs, qui encouragent l'interaction entre les scientifiques de diverses disciplines, qui aident à recruter et à retenir des scientifiques qualifiés, et qui facilitent les partenariats et le développement.

6. Les types et secteurs de laboratoire

Dans ce chapitre, les laboratoires sont regroupés en deux types principaux, humides et secs, qui intègrent tous diverses disciplines scientifiques et processus de travail. Comme l'exigence d'espaces flexibles est considérée comme essentielle pour fournir une recherche collaborative et multidisciplinaire, le besoin d'espace avec une combinaison de zones humides et sèches est devenu plus courant.

- **Laboratoires humides:** utilisent, testent et analysent des produits chimiques, des médicaments ou d'autres matières / matières biologiques. Ils nécessitent généralement des services de canalisation (y compris l'eau, des services publics spécialisés) et une ventilation, par ex. sciences chimiques, laboratoires biomédicaux.
- **Laboratoires secs:** contiennent des matériaux stockés à sec, de l'électronique et / ou de gros instruments. Ils nécessitent généralement des services de tuyauterie, un contrôle précis de la température et de l'humidité, un contrôle de la poussière et une alimentation propre, par ex. laboratoires d'analyse et d'ingénierie.
- **Les laboratoires d'enseignement** peuvent être humides, secs ou une combinaison des deux, mais ils diffèrent en ce qu'ils enseignent la méthode scientifique. On les trouve dans les écoles primaires, secondaires et les établissements d'enseignement supérieur.

- **Salles blanches** : Un laboratoire peut être conçu comme une salle blanche. Une salle blanche est définie comme une pièce dans laquelle la concentration de particules en suspension dans l'air est contrôlée; qui est construit et utilisé de manière à minimiser l'introduction, la génération et la rétention de particules à l'intérieur de la pièce; et dans lequel d'autres paramètres pertinents tels que la température, l'humidité et la pression sont contrôlés si nécessaire. Des conditions de salle blanche sont généralement requises, par exemple, dans la recherche en micro et nanoélectronique. Les grades de salle blanche sont définis par le système de classification ISO global, ISO 14644-1, qui classe les gammes de ISO 9 (la moins propre) à ISO 1 (la plus propre).

7. Les types de laboratoires :

La classification en groupes de laboratoires et types de laboratoires peut être effectuée et visualisée sous différents angles et selon les critères suivants:



Figure 14: Les types de laboratoires (source auteure)

8. Considérations Architecturales (Un nouveau modèle de conception) :

Un nouveau modèle de conception de laboratoire est en train d'émerger, celui qui crée des environnements de laboratoire qui répondent aux besoins actuels et capables de répondre aux demandes futures. Plusieurs besoins clés sont à l'origine du développement de ce modèle : Le schéma à droite représente les considérations modernes de conception des espaces de recherches.

Ce qui suit identifie les meilleures solutions dans la conception d'un laboratoire typique. Les laboratoires (à l'exclusion des écoles) font généralement partie d'une installation qui peut inclure divers types d'espaces tels que:

- Réception / hall
- Bureau / rédaction
- Auditorium / conférence / séminaire / réunion
- Interaction sociale
- Stockage général
- Une bibliothèque
- Restauration

9. Module de planification de laboratoire

Le module de laboratoire est l'unité clé de n'importe quel laboratoire. Lorsqu'il est conçu correctement, un module de laboratoire coordonnera entièrement tous les systèmes architecturaux et d'ingénierie. Un plan modulaire bien conçu offrira les avantages suivants :

- **Flexibilité** : Le module de laboratoire, comme jonas Salk l'a expliqué, devrait « encourager le changement » à l'intérieur du bâtiment. La recherche change constamment, et les bâtiments doivent permettre des changements raisonnables. De nombreuses entreprises de recherche privées modifient en moyenne 25 % de leurs laboratoires chaque année.
- **Expansion** : L'utilisation de modules de planification de laboratoire permet au bâtiment de s'adapter facilement aux expansions ou aux contractions nécessaires sans sacrifier la fonctionnalité de l'installation.

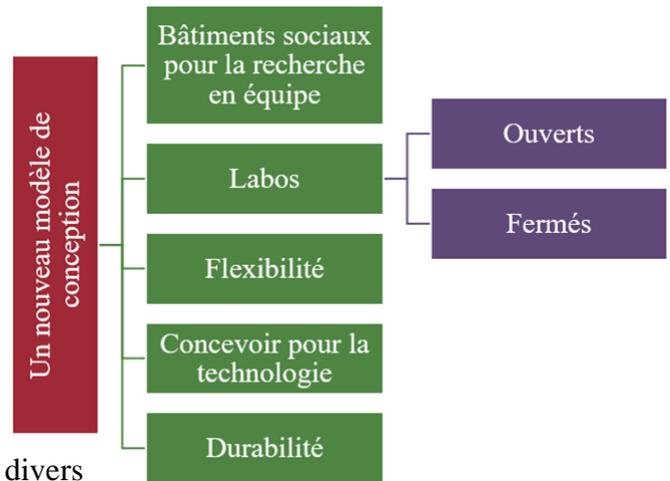


Figure 15: Schéma représentent les considérations de conception des espaces de recherches. (Source: Auteur)

- Garde d'enfants
- Clinique / unité de santé
- Centre de bien-être
- Vente au détail à usage conjoint
- Quai de chargement et cour de service
- Parking.

10. ETUDE NORMATIVE :

10.1. Normes surfacique pour la conception de laboratoires par poste de travail :

Surfaces d'étage nettes et brutes de bâtiments de laboratoires par poste de travail

Laboratoire (p. ex. ingénieur mécanicien, ingénieur électricien, IFAEPE, LFEM, biotechnologie...)

| Type de surface | Type de local | Valeur indicative en m ² / PTR | S.T.E en % |
|--|---|---|------------|
| 1. Surfaces de travail | Bureau | 4 - 6 | |
| | Laboratoire | 8 - 12 | |
| | Atelier | 1 - 3 | |
| | total | 15- 18 | |
| 2. Locaux annexes (à 1) | Archives réunion / part | 1,5 | |
| | Local de réfrigération, de matériels, d'élimination | | |
| | Chambre à couvain total | 3 - 5 | |
| 3. Infrastructure | Locaux d'expérimentation / Locaux spéciaux | *** | |
| | Atelier de montage / Locaux pour animaux | Sur justification | |
| | Halls, serres / Chambres climatisées / Magasins | Des besoins | |
| | | 10- 20 | |
| 4. Locaux sociaux | Bibliothèque, collection | *** | |
| | Conférence, réunions | 4- 8 | |
| 5. Fonction centrale Cours, stages Salle de cours | Cours, stages | *** | |
| | Salle de cours | | |
| | Bibliothèque spécialisée | 1 | |
| | Serveur informatique | 1 | |
| | Cafétéria, restaurant universitaire Sport, séjour | 0- 2 | |
| 6. Exploitation Surface utile nette (1-6) | Administration, / Locaux de nettoyage, (WC) | *** | |
| | Réception marchandise / Stock central, évacuations / Atelier d'exploitation | 3 - 8 | 55% |
| | (Garage, séparé***) | 35- 50 | |
| 7. Surface de circulation Cage d'escalier | Cage d'escalier / Ascenseurs / Corridors | | 18 % |
| | Hall d'entrée | | |
| 8. Surface de fonctions | Locaux d'installation | | 15 % |
| | Puits verticaux | | |
| 9. Surface de construction | Piliers, murs | | 12% |
| | Garde-corps | | |
| 1-9) Surface total étage | | 65 - 90 | 100% |

N.B: La SUN ainsi que la STE sont sans surfaces selon *** (chiff. 3, 4, 5) comme les halls, serres, chambres à couvain, collections, cantine, auditorios, stages, etc. En outre, il convient en général de prendre en considération 1.1 à 1.3 personne par poste de travail à 100% (mais sans invités et réserves générales).

Exemple (Somme 1-6): géologie, astro., physique appliquée, pharmacie, entomologie 40-50 m² / poste. Ing. mécanique, électricité, bâtiment 50-55 m² / poste (évtl. majorations spéciales pour halls, etc.) 55-65 m²/ poste.

*Tableau 02 : Normes surfacique pour la conception de laboratoires
(Recommandation KBOB Jan. 2000)*

10.2. Valeurs indicatives par poste pour surfaces de travail et d'infrastructure :

| SURFACES DE TRAVAIL | m ² Travailler espace / occupant | m ² Infrastructure/ occupant | m ² Étage espace / occupant |
|---|---|---|--|
| Bureau /administration Conférence, lois, littérature, mathématiques | 12 | 3 | 15 |
| Informatique théorique, conception, électronique, Hygiène | 12 | 8 | 20 |
| Chimie analytique et organique Électrotechnique | 15 | 10 | 25 |
| Physique et chimie technique Microbiologie, physique du solide | 15 | 15 | 30 |

Tableau 03 : Valeurs indicatives par poste pour surfaces de travail et d'infrastructure (Recommandation KBOB Jan. 2000)

10.3. Concepts de planification de laboratoire

La relation entre les laboratoires, les bureaux et le corridor aura un impact important sur l'image et les opérations du bâtiment.

Illustré ci-dessous sont trois façons d'organiser un schéma de couloir unique:

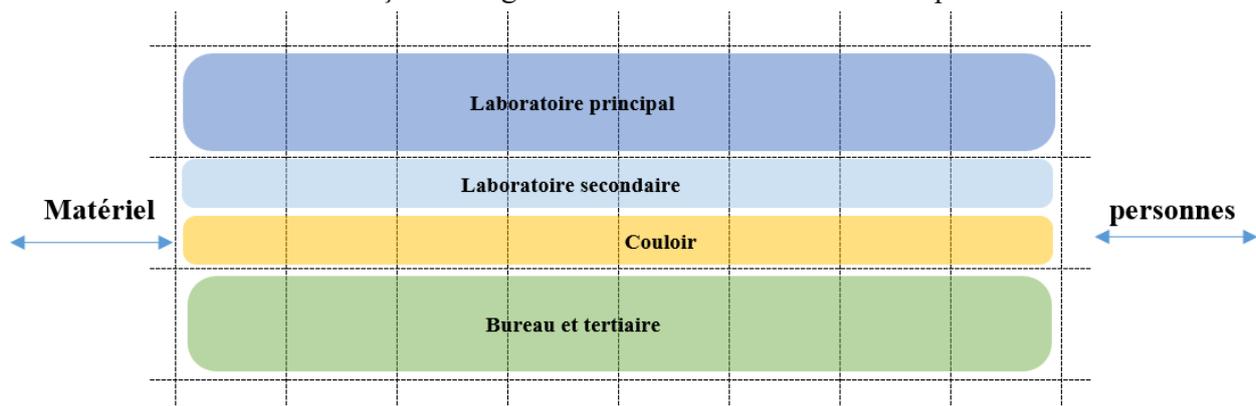


Figure 16: a) Disposition du plan illustrant une disposition à un seul couloir. Cette disposition est efficace; cependant, la voie de circulation unique peut entraîner des flux de matériaux / de personnes et des conflits (Pamela Buxton / 2018)

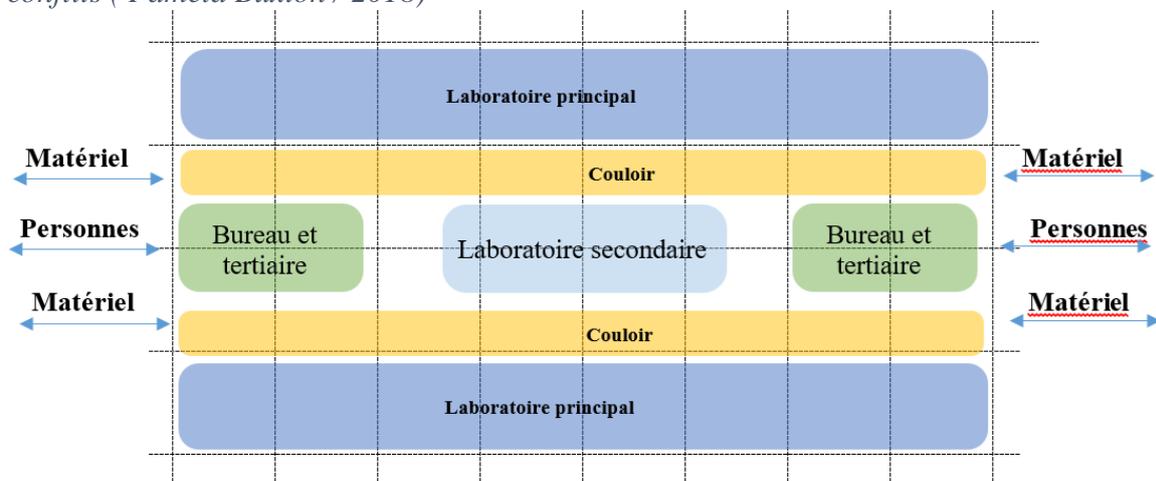


Figure 17: b) Disposition du plan illustrant la disposition à deux couloirs (piste de course). Cette disposition sépare efficacement la circulation des personnes et des matériaux au sein de l'installation.

(Pamela Buxton / 2018)

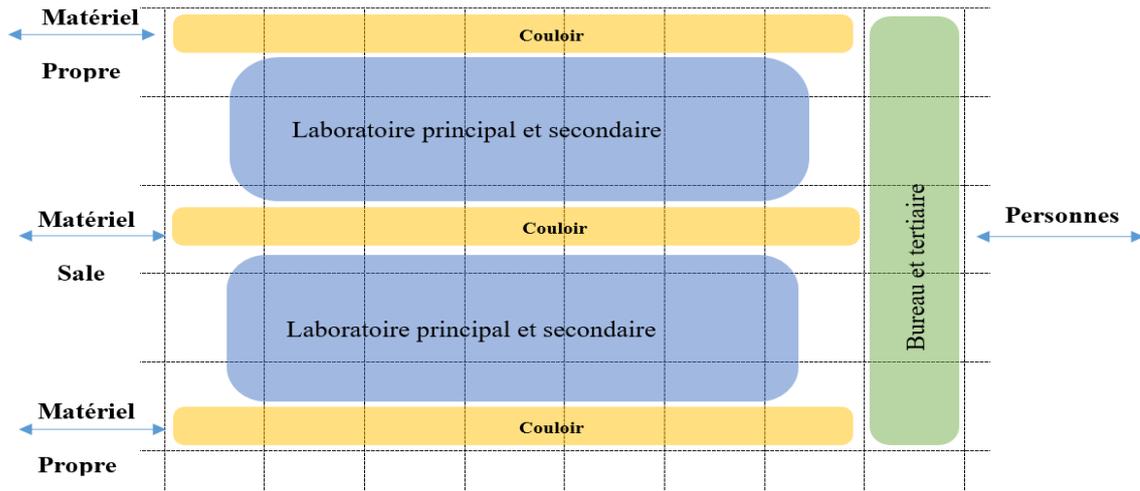
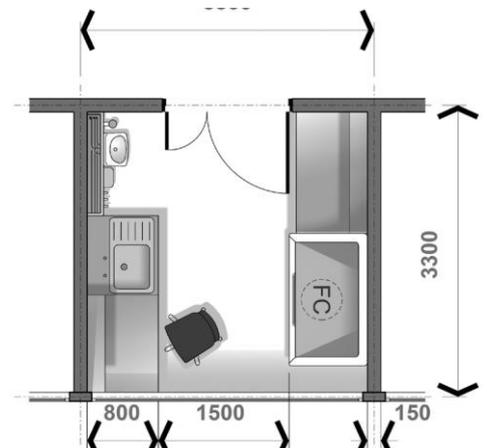


Figure 18: c) Disposition du plan illustrant la disposition à trois couloirs. Cette disposition offre la plus grande opportunité. (Pamela Buxton / 2018)

10.4. Le module de planification de base :

Un laboratoire bidirectionnel, le module de planification offre une flexibilité maximale

Figure 19: Le module de planification de base (Pamela Buxton / 2018)



| Exigence de planification | Largeur de la baie (mm) bancs étroits | Largeur de la baie (mm) bancs plus profonds |
|--|---------------------------------------|---|
| 2 × demi-épaisseur de paroi entre module (100 mm chacun) | 200 | 200 |
| 2 × profondeurs de banc claires (chacune 600 mm de profondeur) | 1200 | |
| 2 × profondeurs de banc claires (chacune 900 mm de profondeur) | | 1800 |
| 2 × épines de service adjacentes au banc (200 mm chacun) | 400 | Inclus dans profondeur du banc |
| Espace minimum entre les bancs * | 1500 | 1500 |
| Largeur totale du module ** | 33000 | 35000 |

Tableau 04 : Facteurs définissant la largeur d'un module de laboratoire typique (Pamela Buxton / 2018)

10.5. Structure

Les principaux problèmes de conception à prendre en compte lors de l'évaluation d'un système structurel sont les suivants:

Le module de base de planification du laboratoire forme un « modèle » pour la grille structurelle du bâtiment. Dans la plupart des cas, la largeur de la grille structurelle correspond à deux modules de laboratoire de base. La longueur de la grille structurelle est déterminée non seulement par les exigences de planification de base, mais également par la rentabilité et les exigences fonctionnelles du système structurel.

Idéalement, toutes les colonnes placées sur la grille devraient être incorporées dans la conception (par exemple, à l'intérieur des noyaux et des murs construits ou au périmètre de la zone de laboratoire) pour fournir une zone de travail sans obstruction.

Figure 20: Le module de planification doit répondre aux exigences de planification de base pour les cloisons, les bancs de laboratoire, l'équipement, les dispositifs d'extraction et la circulation en plus du personnel de laboratoire. (Pamela Buxton / 2018)

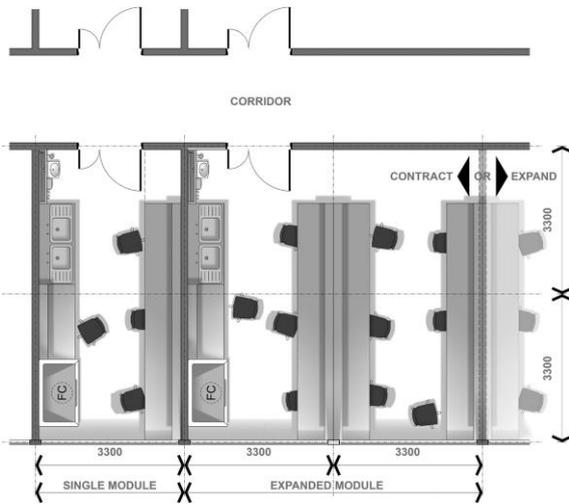
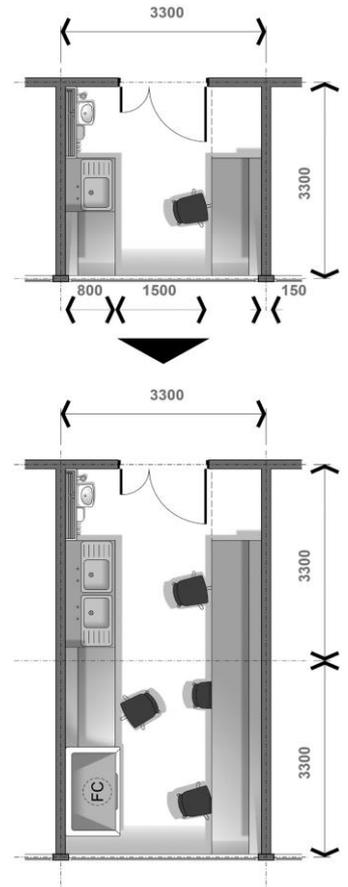


Figure 21: Utilisation du concept de modularité dans la planification des laboratoires pour créer des espaces efficaces, flexibles et adaptables qui peuvent être agrandis et réduits pour répondre aux besoins changeants.

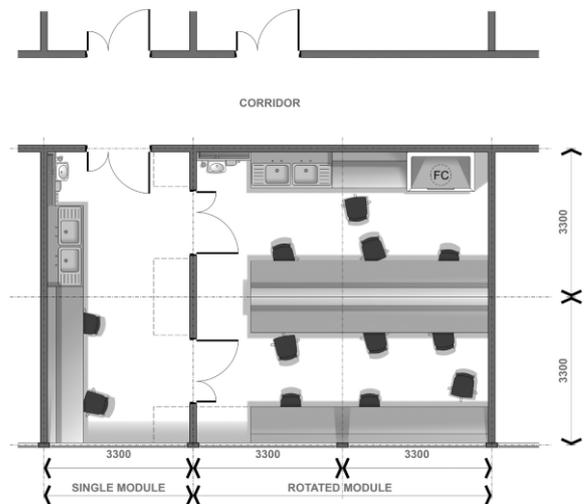
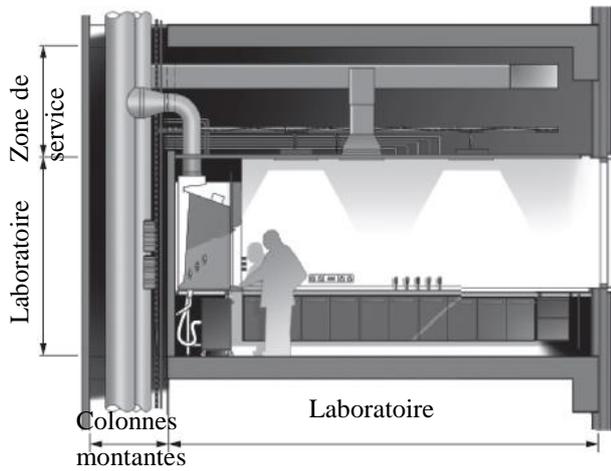
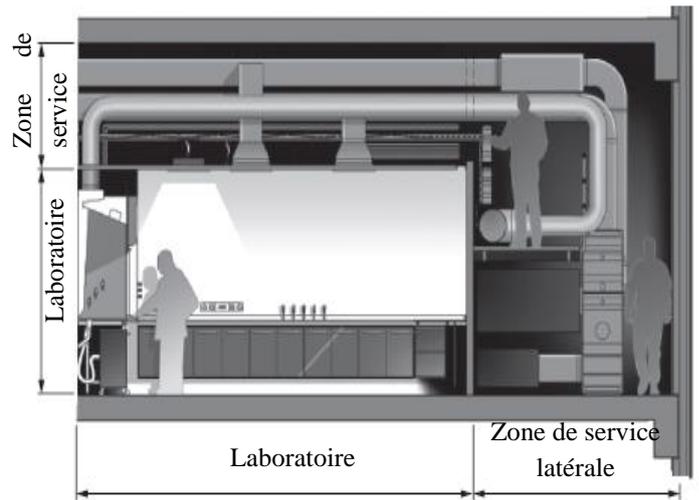


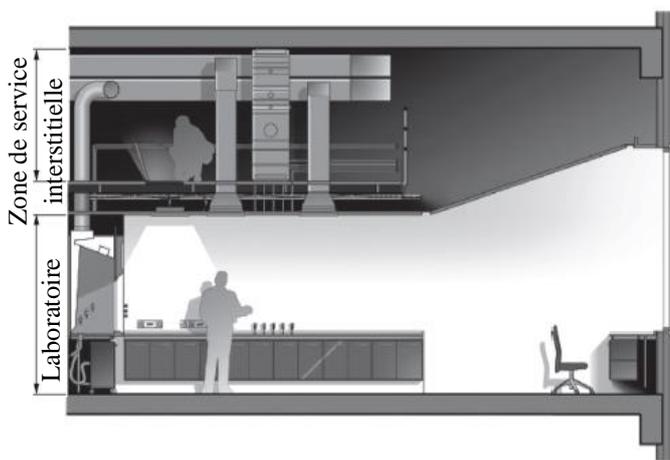
Figure 22: Un module de laboratoire fonctionnant dans les deux sens permet d'organiser les bancs et les équipements de laboratoire dans les deux sens. (Pamela Buxton / 2018)



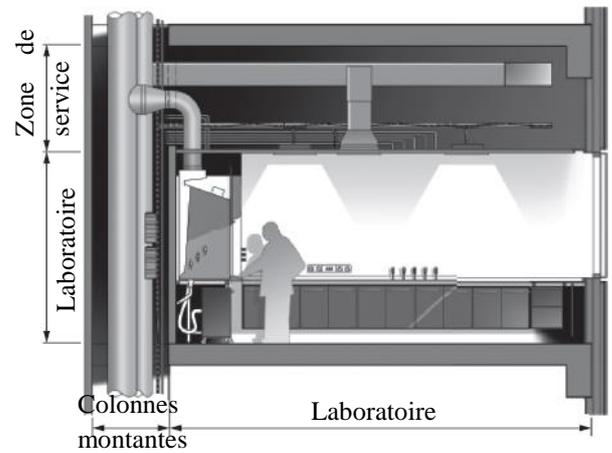
Colonnes montantes de service intégrées dans la plaque de plancher du bâtiment



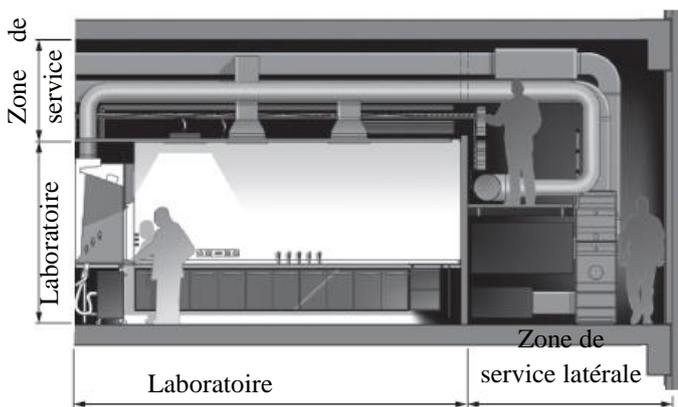
Zone de service latérale



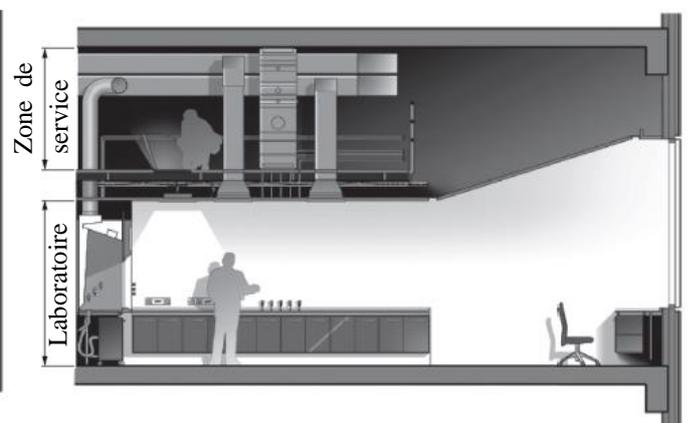
Zone de service de l'étage interstitielle



Colonnes montantes de service intégrées dans la plaque de plancher du bâtiment



Zone de service latérale



Zone de service de l'étage interstitielle

Figure 23: Position des colonnes montantes de service dans les laboratoires (Pamela Buxton / 2018)

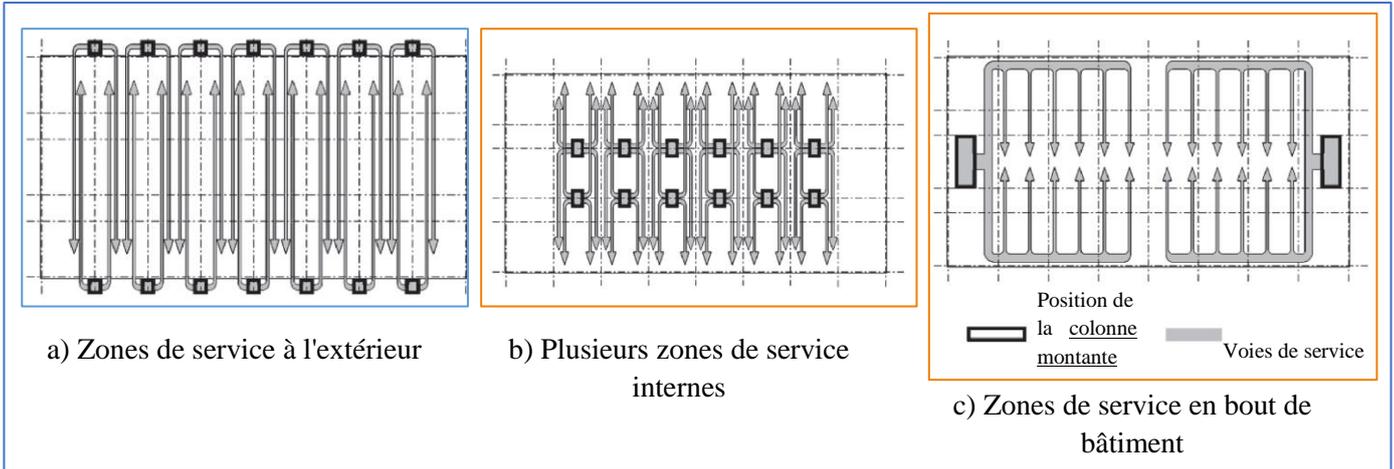


Figure 24: La grille structurale du bâtiment dérivée du module de planification du laboratoire, la rentabilité et le fonctionnement exigent du système structural. Pour une flexibilité maximale, les colonnes doivent être intégrées ou placées à l'extérieur de la grille (Pamela Buxton / 2018)

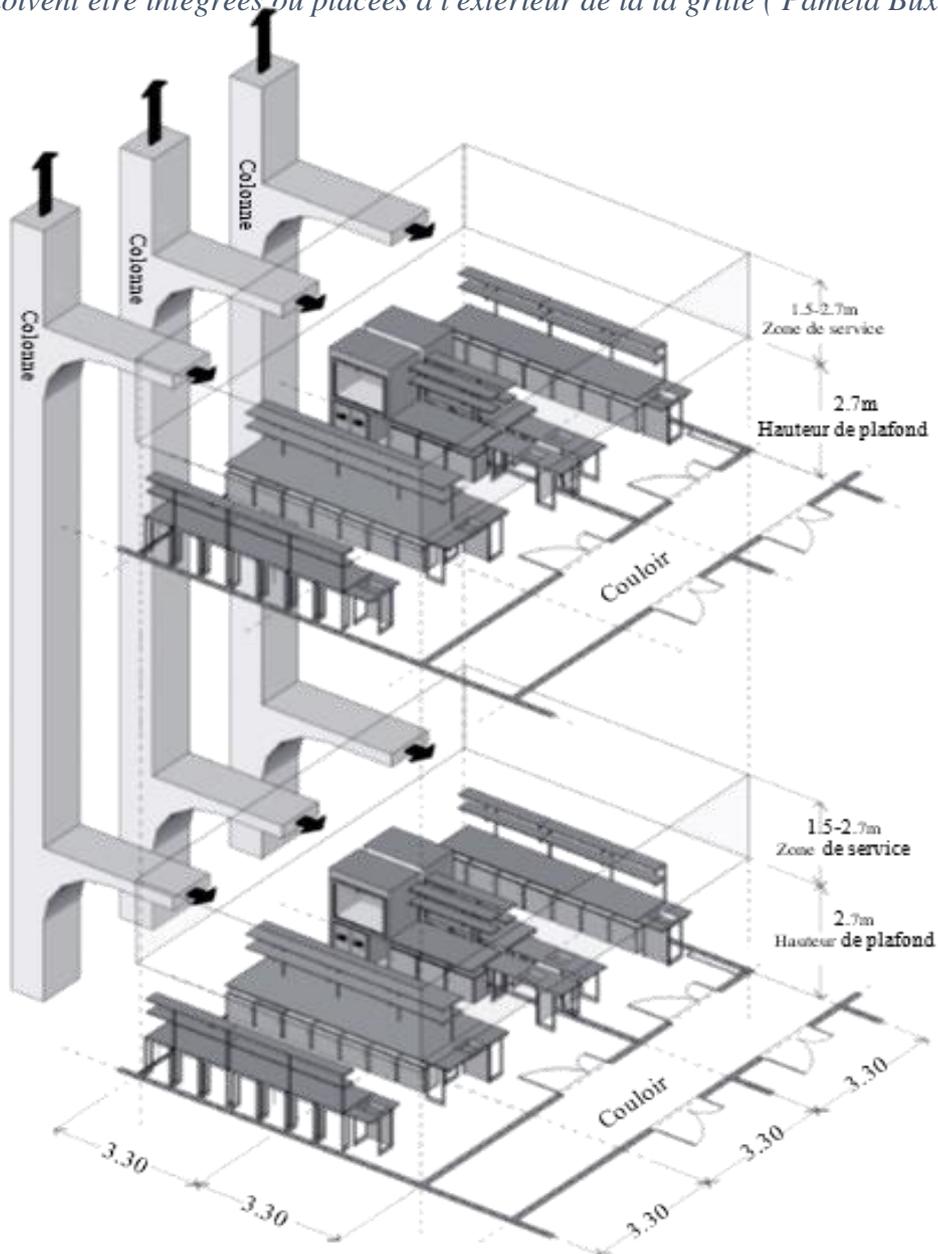


Figure 25: Module de planification de laboratoire en trois dimensions

(Pamela Buxton / 2018)

10.6. Les Hauteurs de laboratoires

| | Hauteur (m) |
|---|--------------------|
| Hauteur de plafond minimale dans les laboratoires | 2,7 * |
| Vide de plafond minimum | 1,0 ** |
| Plafond préféré nul | 1,5 à 2,0 ** |
| Épaisseur de la dalle (surépaisseur nominale) | 0,3 |
| Hauteur du sol au sol | 4,0-5,0 |

Tableau 05 : Hauteurs de laboratoire typique (Pamela Buxton / 2018)

* Pour permettre une hauteur de dégagement pour les armoires d'extraction.

** Pour permettre une profondeur adéquate pour l'installation des services du bâtiment. Envisagez des systèmes mécaniques, électriques et de tuyauterie exposés pour un accès facile pour la maintenance depuis le laboratoire.

11. ÉNERGIES RENOUVELABLES :**1. Energies Renouvelables:**

- Une source d'énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle humaine.
- Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers provoqués par les astres.
- Utilisation directe : Objets solaires - Chauffage géothermique
- Utilisation indirecte : Eoliennes - Piles photovoltaïques.

**2. Sources d'Energies Renouvelables**

- Energie Solaire
- Energie Eolienne
- Energie Géothermique
- Biomasse/Biogaz
- Energie d'Hydrogène
- Energie Hydroélectrique
- Energie des Vagues
- Energie Marémotrice
- Energie Thermique des mers

12. Conclusion:

- La durabilité peut être divisée en trois concepts principaux :
Minimiser les impacts sur le site, la réduction des ressources et l'amélioration des facteurs humains.
- Les impacts sur le site sont minimisés en sélectionnant le site à utiliser, en concevant sur ce site et en maximisant les connexions à l'infrastructure existante.
- La réduction des ressources s'applique à l'eau, aux matériaux de construction et à l'énergie. La réduction du carbone est liée à chacun.
- Pour chacun de ces trois, ils consistent en trois méthodes de réduction :
- Définir les charges, les critères et les besoins avec soin pour minimiser la quantité dont vous avez besoin.
- Concevoir le moyen le plus efficace de fournir la ressource au bâtiment.
- Trouver des sources alternatives plus vertes pour la ressource.
- Les facteurs humains comprennent la qualité de l'air, le confort et la sécurité des occupants et la conception d'un lien avec l'environnement extérieur.
- Des systèmes d'évaluation et des références ont été développés pour aider les équipes de projet à prendre des décisions de conception.
- Systèmes de notation : BREEAM, LEED.
- Lignes directrices/références : Laboratoires pour le 21^e siècle (Labs21), norme ASHRAE 189.1.
- Différents types de laboratoires signifient différentes solutions de conception ; chaque conception doit répondre à des besoins différents pour différents types de recherche, ainsi qu'à prendre en compte le potentiel de changement.

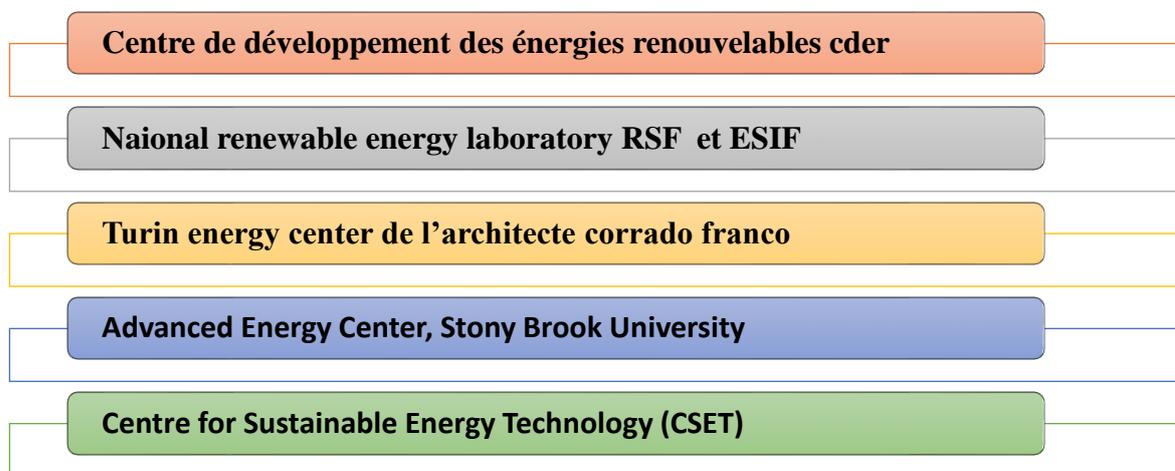
CHAPITRE ANALYTIQUE

1. Analyse des exemples :

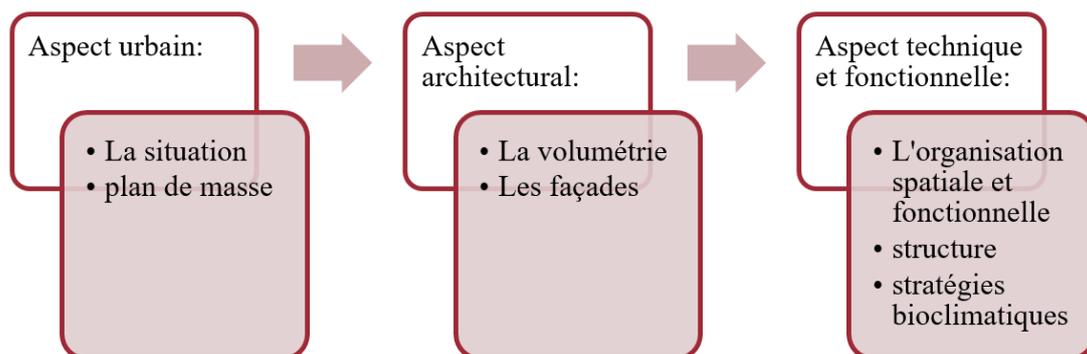
Introduction :

Pour concevoir un projet quelconque, l'architecte doit passer par une étape de collecte d'information qui l'aide à répondre aux enjeux conceptuel et fonctionnelle de ce dernier. L'analyse des exemples existant est la meilleure manière de comprendre et de saisir toutes les paramètres du projet (formel, fonctionnel, constructif, structurel, ...etc) ; ainsi on a choisi de récents projets de centre de recherche énergétique durable et éco-construit qui répondent à nos questions :

2. La liste des exemples à analysés :



3. Les éléments à analysés :



4. Analyse des exemples :

EXEMPLE 01 : CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES CDER

Présentation :

Le Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER) est un Centre de Recherche, issu de la restructuration du Haut-Commissariat à la Recherche, créé le 22 mars 1988.

C'est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST) chargé d'élaborer et de mettre en œuvre les programmes de recherche et de développement, scientifiques et technologiques, des systèmes énergétiques exploitant l'énergie solaire, éolienne, géothermique et l'énergie de la biomasse. Les projets nationaux retenus dans ce programme sont orientés sur des priorités économiques et sociétales pour répondre aux principaux besoins stratégiques de développement économique.

Le CDER, grâce à ses chercheurs du siège, de ses trois unités de recherche :

- Unité de Développement des Equipements Solaires (UDES),
- Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables (URAER),
- Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien (URERMS)

| Fiche technique | |
|--|-----------------------|
| CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES CDER | |
|  | |
| Situation | Bouzareah. Alger |
| Date de construction | 1988 |
| Architecte | / |
| Surface | 15 000 m ² |
| Nombre d'étage | RDC |
| Capacité | 112 chercheurs |

Simple bâtiment de formes classique système poteaux poutre en béton armé avec incorporation de panneaux photovoltaïque

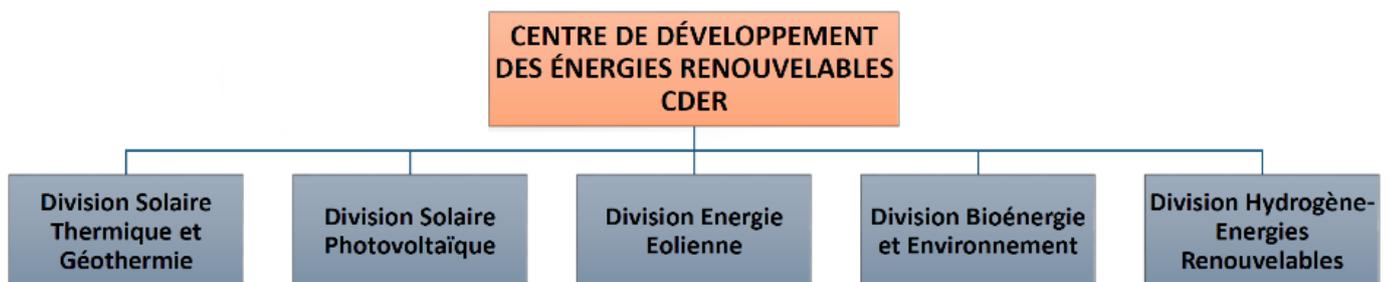


Figure 26: Les divisions de recherche dans CDER



Figure 27: Les secteurs d'activités

Présentation :

Propriétaire du projet : Laboratoire national d'énergie renouvelable du ministère de l'Énergie, gouvernement fédéral

Environnements de recherche et d'essai Composé de 14 laboratoires, d'une salle de contrôle à baie haute, de plateformes d'essai extérieures, d'un immeuble de bureaux ultra-vert et d'un centre de données de calcul haute performance, l'installation abrite 200 chercheurs dédiés à la fourniture de technologies solaires, hydrogène, biocarburants et éoliennes émergentes sur le marché grand public. Au cœur des laboratoires se trouve le **Research Electrical Distribution Bus (REDB)**, le premier système de simulation en temps réel intégré à l'échelle du matériel dans la boucle à l'échelle mégawatt du pays.

Le REDB permet aux chercheurs et aux fabricants d'effectuer des tests d'intégration à pleine puissance et à des niveaux de charge réels en simulation en temps réel, et d'évaluer les performances des composants et des systèmes avant de se mettre sur le marché.

Un centre de calcul et de visualisation à haute performance à l'échelle du Péta-S étend les capacités de recherche des Fonds ESI et permet la modélisation et la simulation à grande échelle des propriétés des matériaux, des processus et des systèmes entièrement intégrés dont le coût serait prohibitif à étudier par expérimentation directe. Le centre de visualisation offre la possibilité de découvrir ces simulations de systèmes complexes dans un environnement virtuel immersif en trois dimensions.

Fiche technique

CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUEVABLES CDER

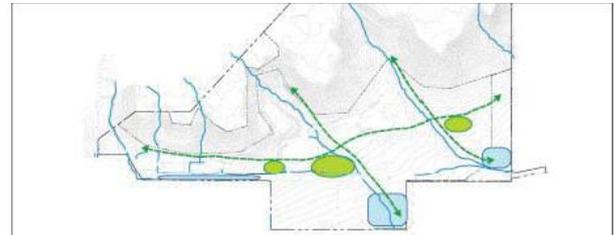


| | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| Situation | Golden, au Colorado ÉTATS-UNIS |
| Date de construction | |
| ESIF | 2013 |
| RSF | 2010 |
| Architecte du bloc ESIF | Groupe Smith |
| Architecte du bloc RSF | |
| Surface : | |
| ESIF | 16955 m ² |
| RSF | 20625 m ² |

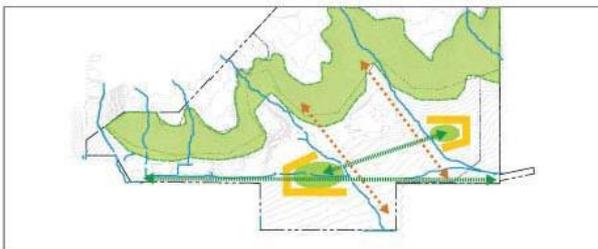
| | |
|-------------------------|-----------------------|
| Nombre d'étage : | |
| ESIF | R+2 |
| RSF | R+3 |
| Capacité | 200 chercheurs |

Après avoir analysé le contexte existant et les contraintes du site. L'équipe de conception a développé un concept pour le campus NREL basé sur les principes suivants.

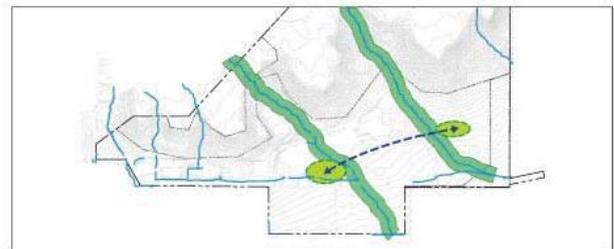
Créer un campus attrayant, mémorable et inspirant en renforçant les caractéristiques naturelles uniques du campus



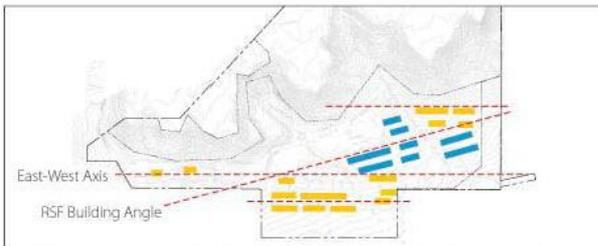
-3-



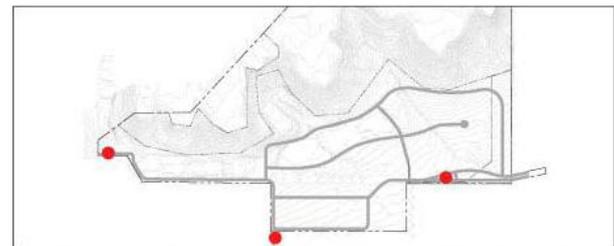
-1-



-4-



-2-



-5-

1. Créer un campus attrayant, mémorable et inspirant pour les employés et les visiteurs en renforçant les caractéristiques naturelles uniques sur et à proximité du campus
2. Orienter les bâtiments le long d'axes principalement est-ouest afin de maximiser l'accès solaire et la lumière du jour
3. Intégrer le réseau d'espaces ouverts et les caractéristiques du paysage aux installations de drainage et de rétention
4. Préserver les deux réseaux dominants sur le campus en établissant une exigence de développement et en créant deux grands quads espace ouvert (open space) qui sont visuellement et physiquement connectés
5. Offrir un environnement de recherche sécurisé en établissant un campus et un périmètre de sécurité en commençant par de multiples portes d'entrée.

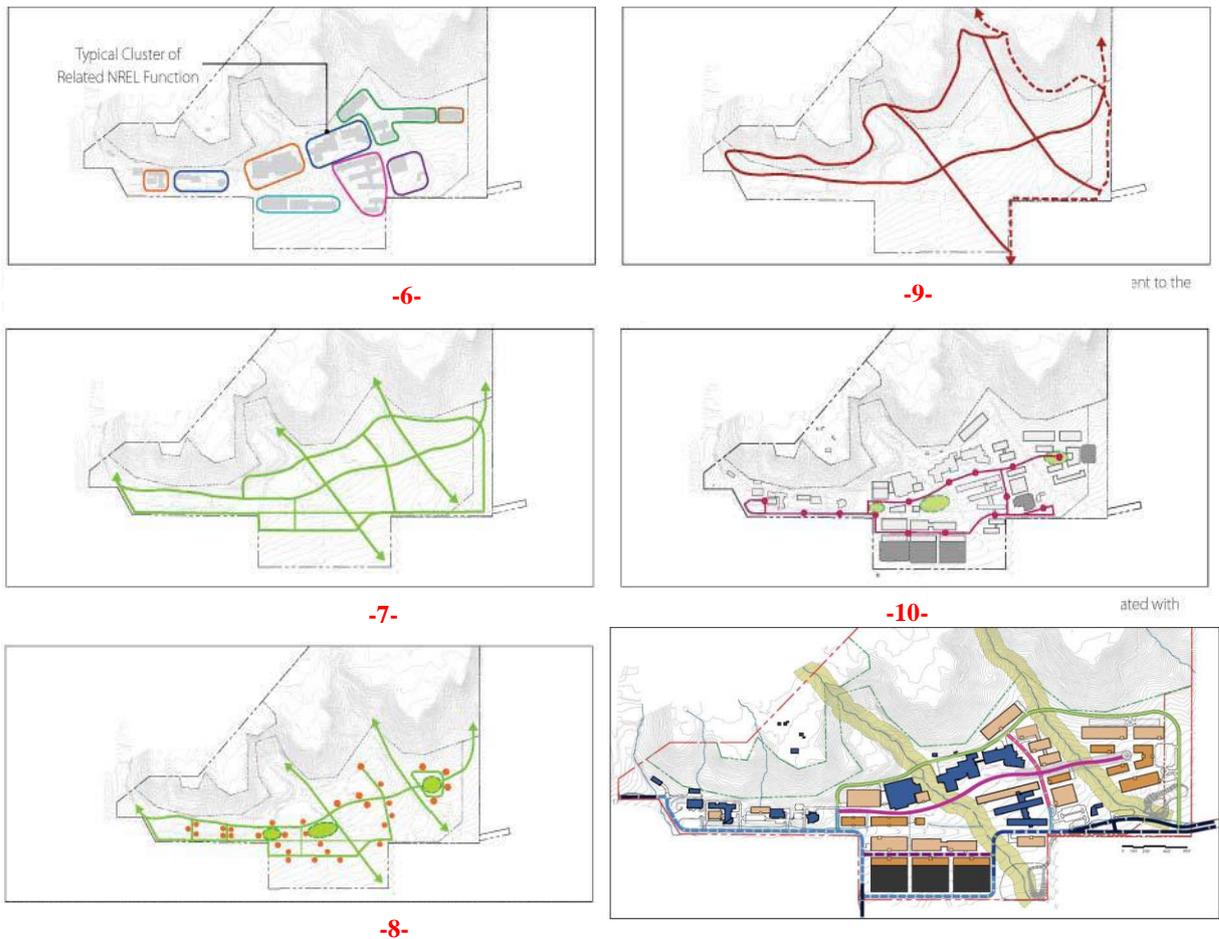


Figure 28: Méthode d'intégration du projet dans le site

6. Organiser le placement des bâtiments selon les processus interconnectés de recherche et de développement pour le programme TYSP.
7. Promouvoir un environnement axé sur les piétons, sûr et facilement navigable pour les employés et les visiteurs »
8. Orienter et relier visuellement les entrées du bâtiment au réseau piétonnier, au réseau routier et aux espaces ouverts
9. Reliez le réseau piétonnier aux sentiers existants situés à la fois sur le campus et à proximité.
10. Fournir une navette du campus vers des destinations à travers le site avec des arrêts associés au stationnement, aux entrées des bâtiments et aux grands espaces ouverts.

Centres des recherches (Laboratoire)

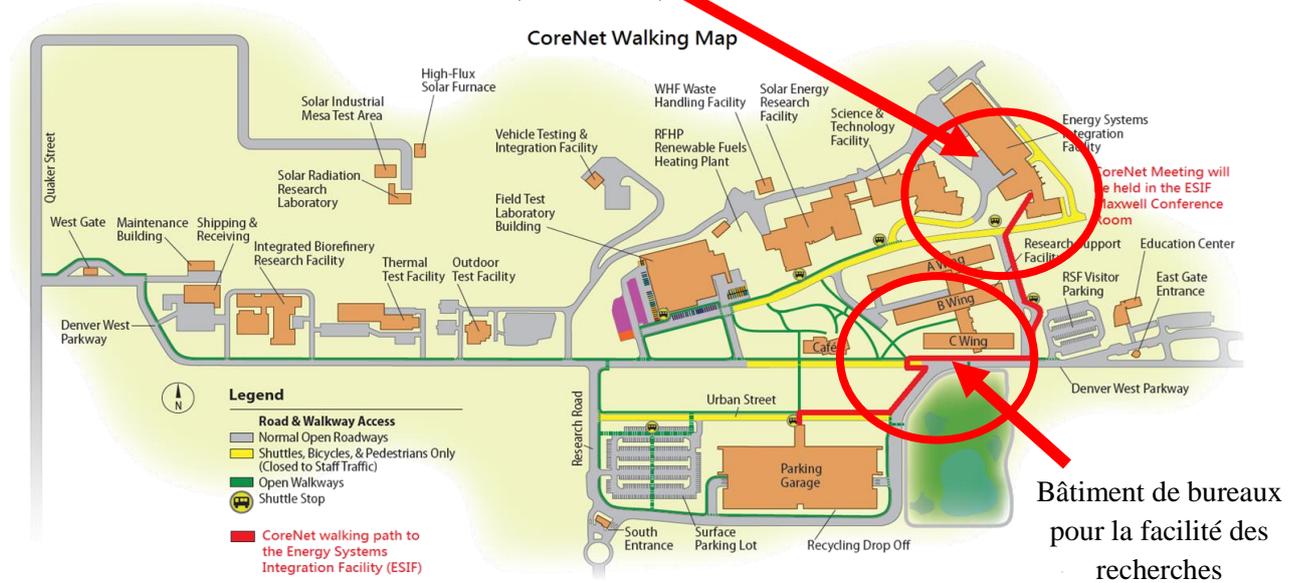


Figure 32: organisation du plan de masse

- 1- Dans un site ouvert (open space)
- 2- organisation fragmenté
- 3- intégration au site par le respect du dénivelé du terrain (Volume en Gradin)

- 4- Utilisation des données du site (système de drainage, topographie, les axes directionnels, les axes piétons existants...)
- 5- Protection du site par des port d'accès, entré par l'Est.
- 6- création de station de navette pour le déplacement
- 7- La parcelle et l'ilot en grande surface ouverte délimité par obstacle naturel (montagne) pas de forme bien défini
- 8- Volume orienté Sud-Ouest.
- 9- préservation du site naturel avec la biodiversité. Délimité par obstacle naturel (montagne) pas de forme bien défini



Figure 30: les accès au site

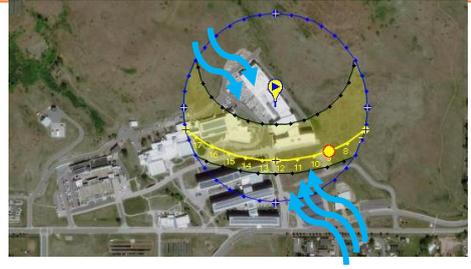


Figure 29: Ensoleillement et vents dominant

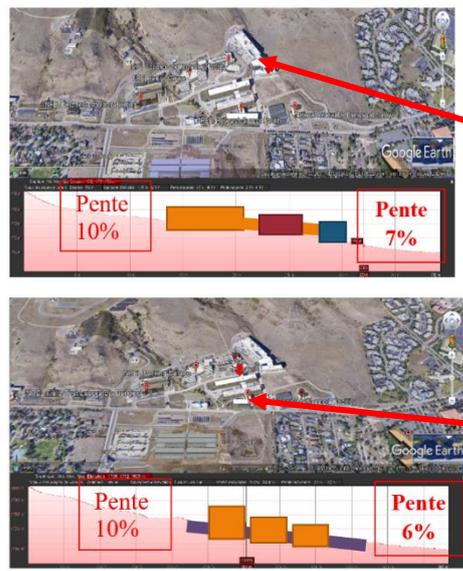
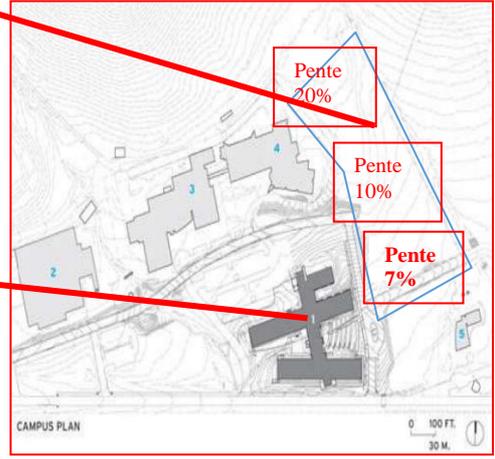


Figure 31: Volumétrie en gradin



LA TOPOGRAPHIE DU SITE

LES BLOCS ANNEXES AU CENTRE DE RECHERCHE:

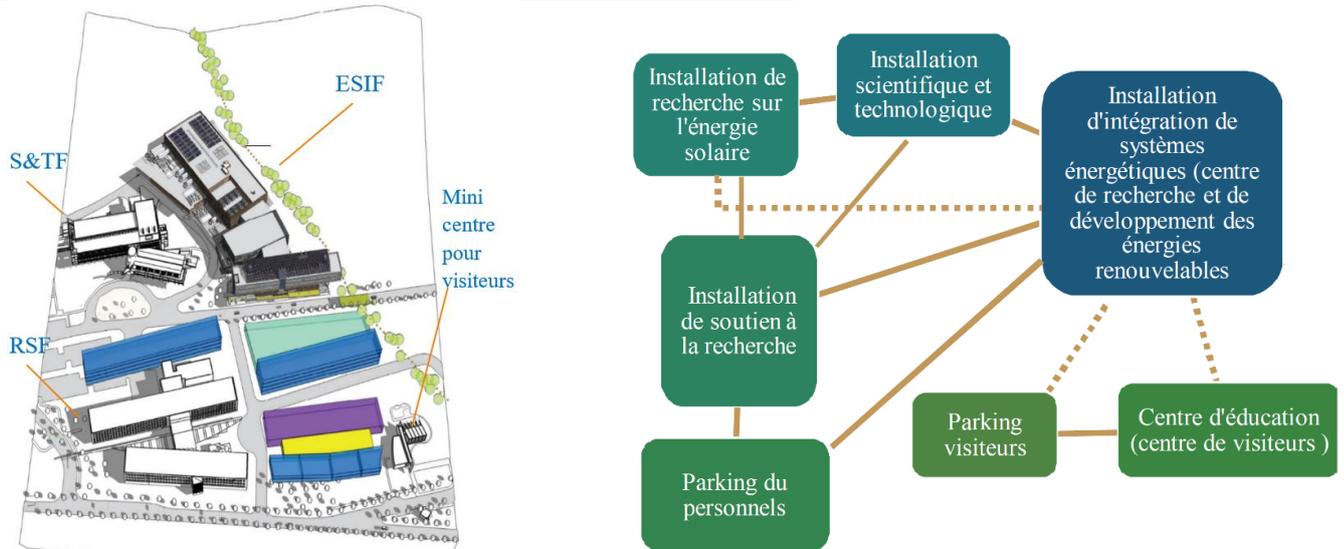
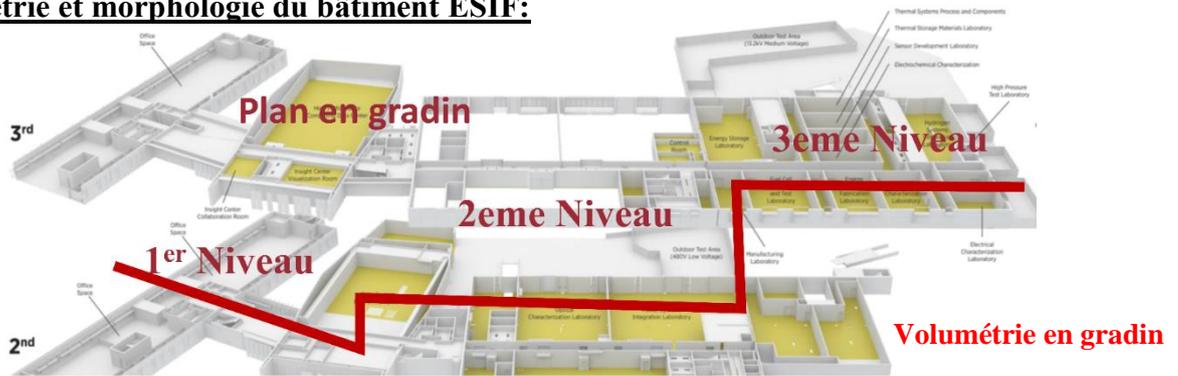


Figure 33: Organisation des installation de recherche dans National Renewable Energy Laboratory (SmithGroupJJR)

a- Analyse Bloc ESIF :

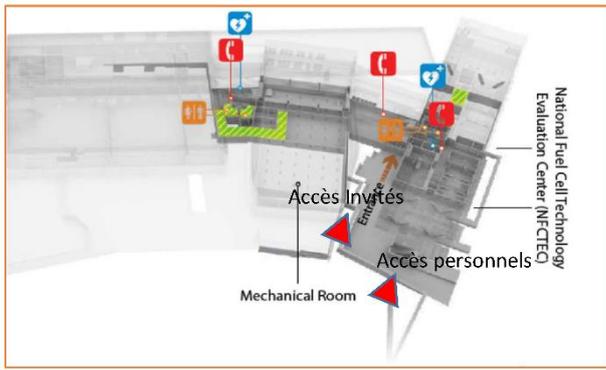
Volumétrie et morphologie du bâtiment ESIF:



Les secteurs d'activité dans le bâtiment ESIF :



Figure 34: les secteurs d'activités dans le bâtiment ESIF



PLAN RDC

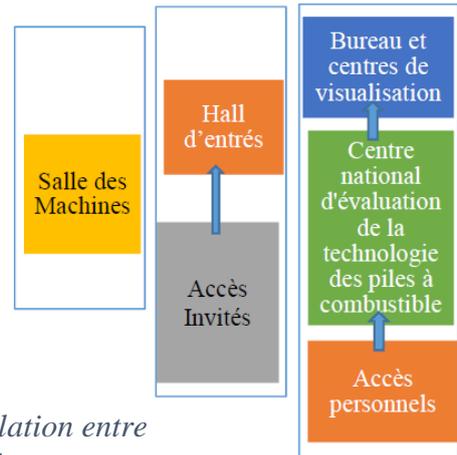


Figure 35: Plan RDC avec organigramme des relation entre espaces dans le bâtiment ESIF

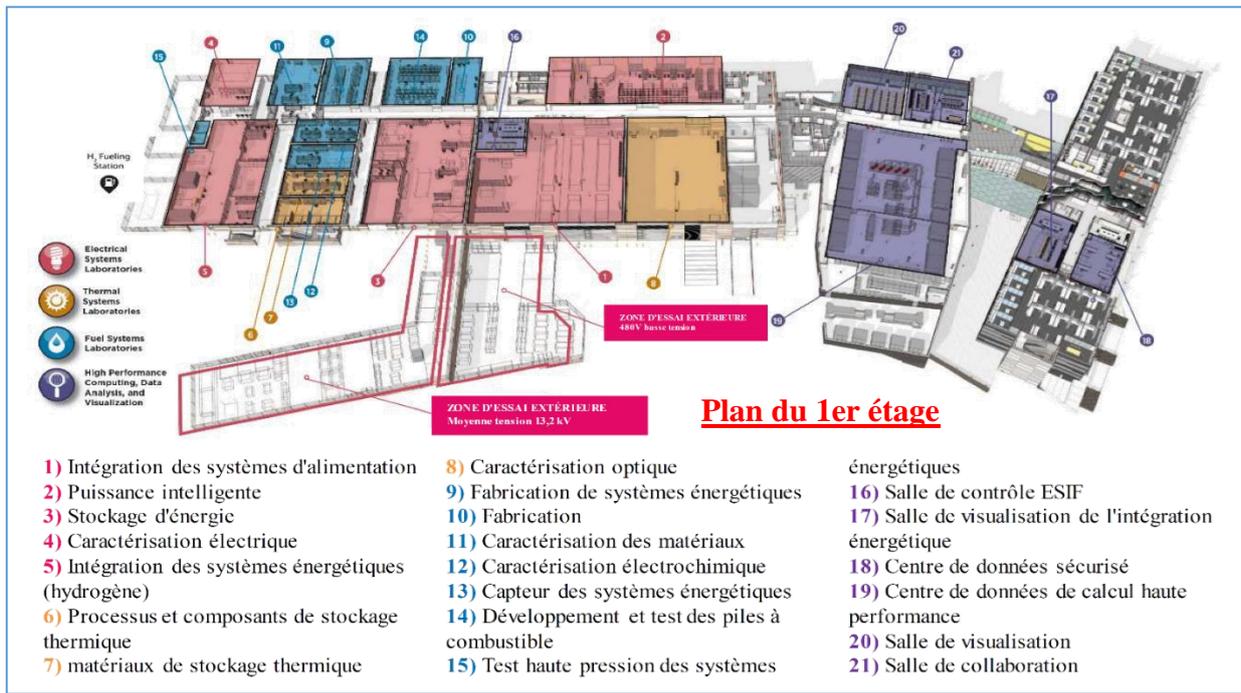
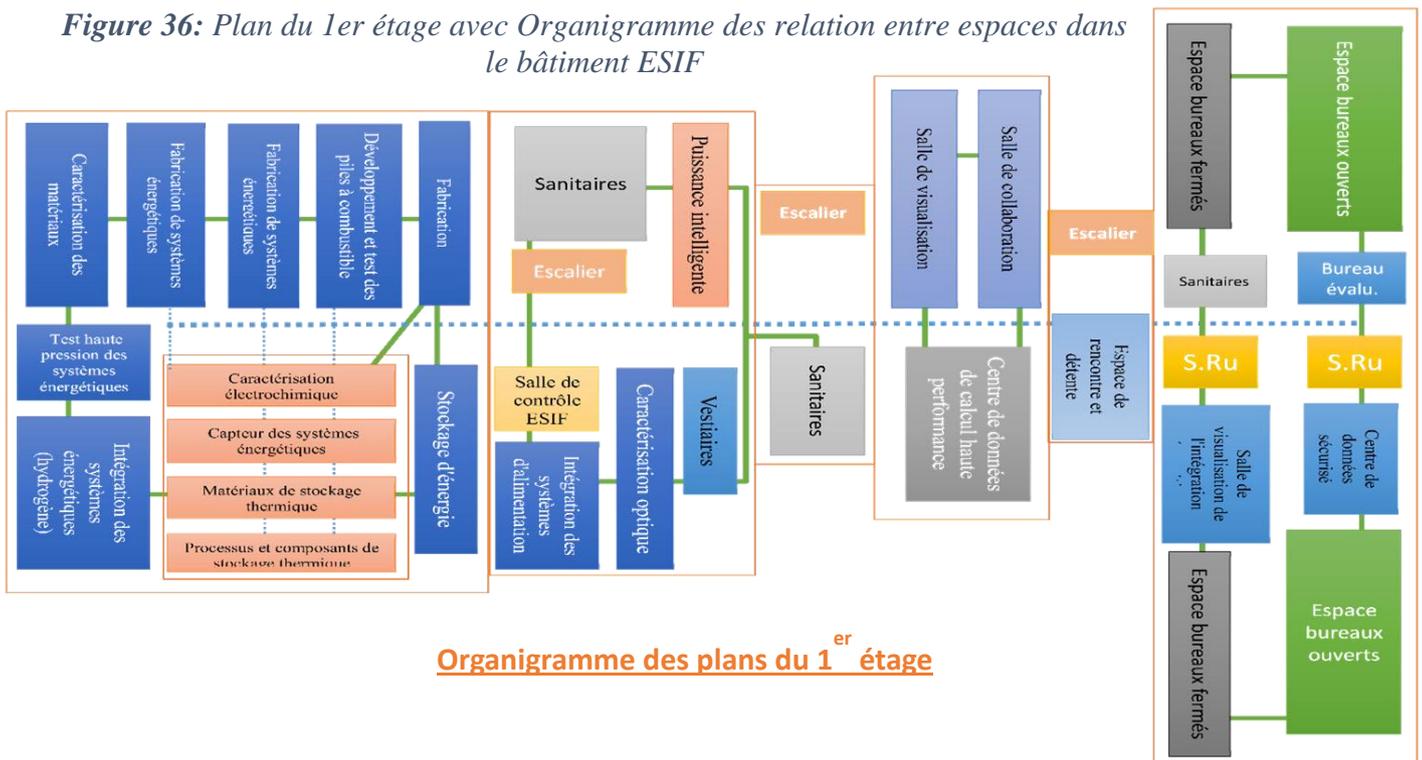


Figure 36: Plan du 1er étage avec Organigramme des relation entre espaces dans le bâtiment ESIF



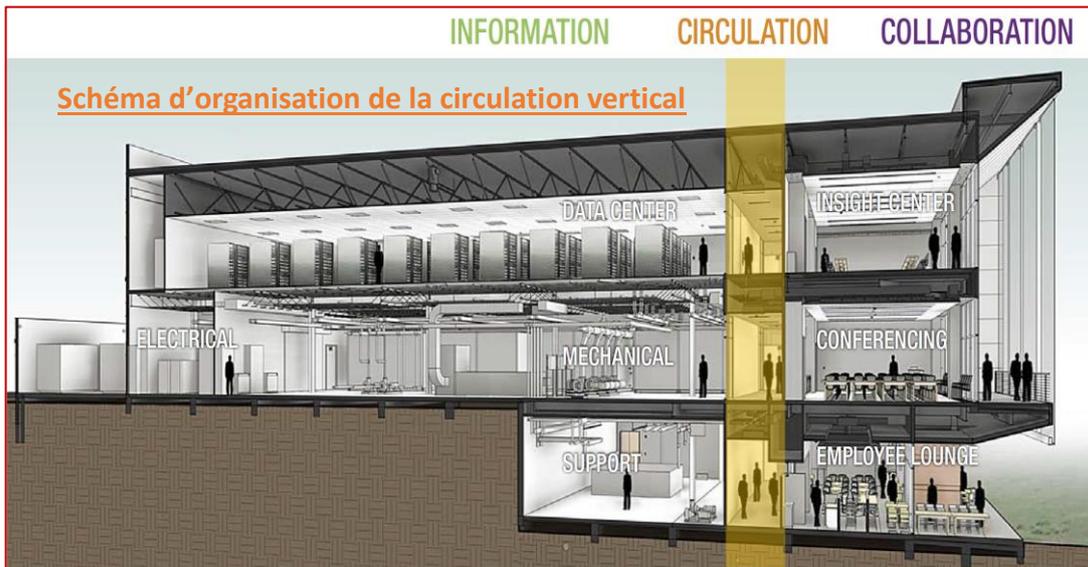


Figure 37: Schéma d'organisation de la circulation verticale dans le bâtiment ESIF

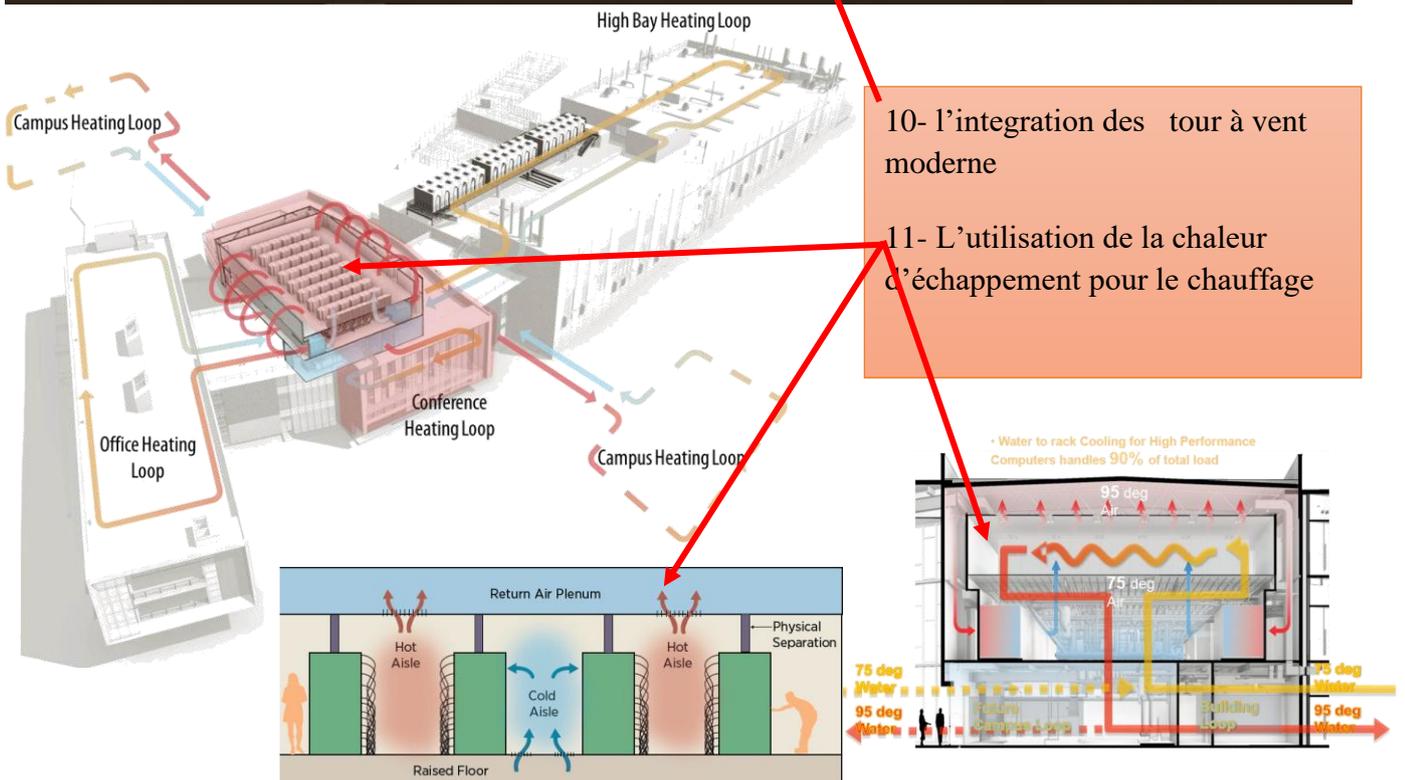
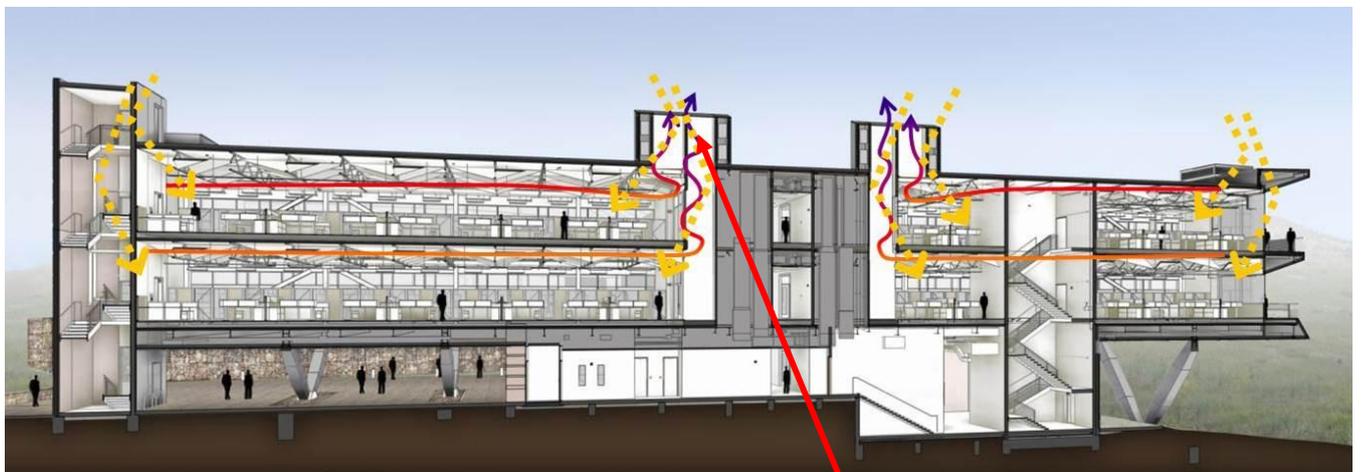


Figure 38: Stratégies de CVC dans le bâtiment ESIF

b- Analyse Bloc ESIF :

Volumétrie et morphologie du bâtiment ESIF:

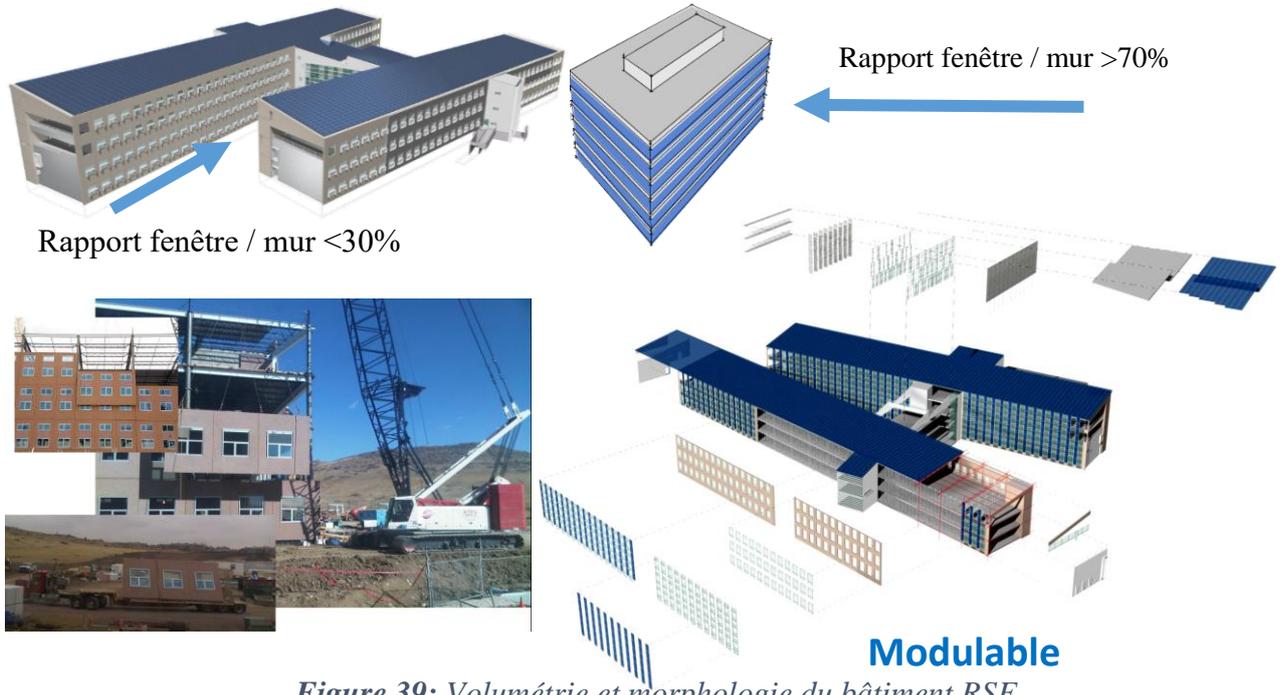


Figure 39: Volumétrie et morphologie du bâtiment RSF

Panneaux isolés extérieurs/intérieurs préfabriqués. Système de murs extérieurs modulaire de béton préfabriqué, thermiquement massif, la grille structurale sans colonnes mesure 30 pieds sur 60 pieds et intègre l'approche « kit de pièces » du bâtiment.

La configuration en « H paresseux » du bâtiment a évolué en réponse au besoin de pénétration de la lumière du jour profondément dans le bâtiment.

2
Floor Plans

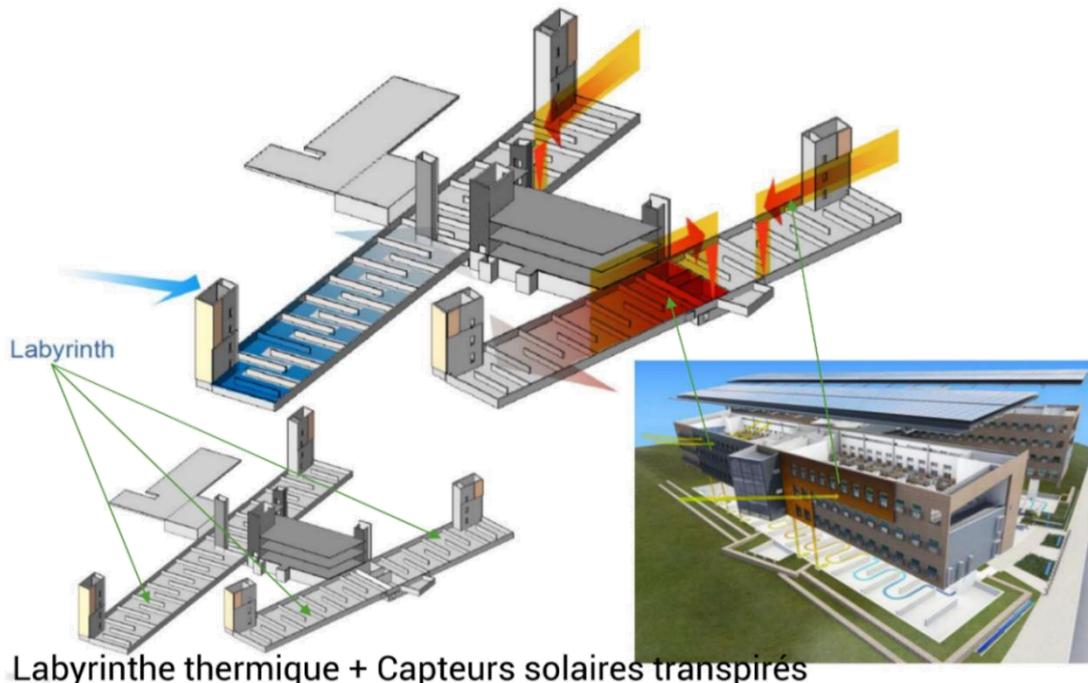


Figure 40: Organigramme des plans du RDC au 3eme étage du bâtiment RSF



Figure 41: Représentation des stratégies énergétiques dans le bâtiment RSF

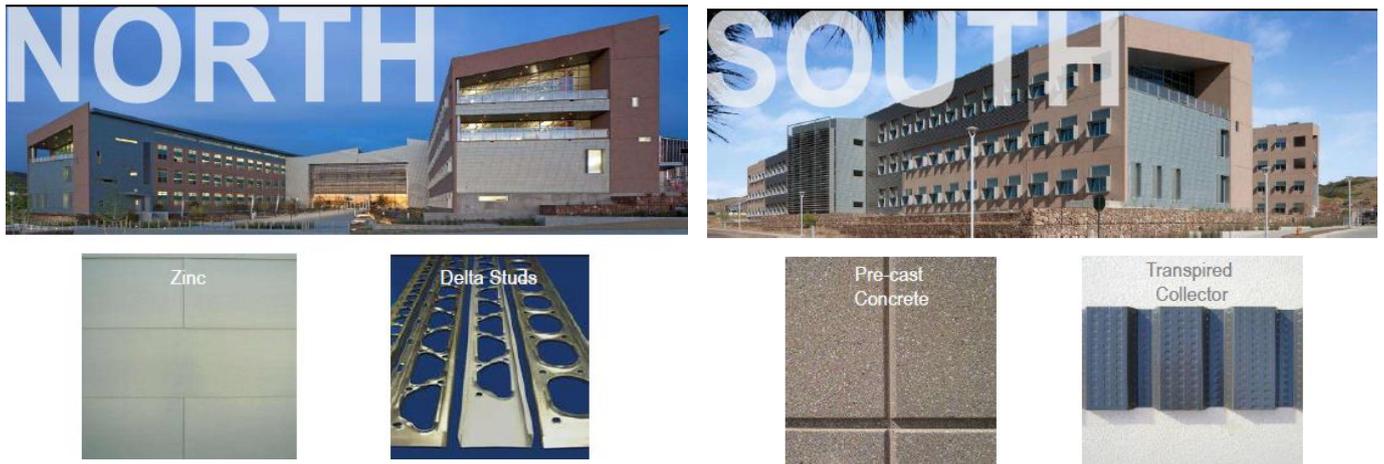
- | | |
|--|----------------------------------|
| 1- Aménagement paysager perméable | 7- Bureaux ouverts à profil bas |
| 2- Prise d'air frais | 8- Système de plancher surélever |
| 3- Vitrage thermochrome orienté est | 9- Dalles de plafond radiantes |
| 4- Capteurs solaires transpirés (non visibles) | 10- Labyrinthe thermique |
| 5- Photovoltaïques | 11- Pare-soleil à persiennes |
| 6- Vitrage électrochrome orienté ouest (non visible) | |



Labyrinthe thermique + Capteurs solaires transpirés

Figure 42: Représentation Labyrinthe thermique dans le bâtiment RSF

Le labyrinthe agirait comme une batterie thermique, stockant le froid de l'air de nuit pour réduire la charge de refroidissement du bâtiment en été. En hiver, le labyrinthe stockera la chaleur tirée des ordinateurs dans le nouveau centre de données et l'air extérieur réchauffé par le soleil battant vers le bas sur un collecteur d'air transpiré. De l'air frais ou chaud sera tiré dans le labyrinthe sud (à gauche) par des puits de ventilation dans les cages d'escalier du bâtiment. Et l'air chaud, chauffé par le soleil à travers un collecteur d'air transpiré, sera tiré dans le labyrinthe nord.



Matériaux extérieurs

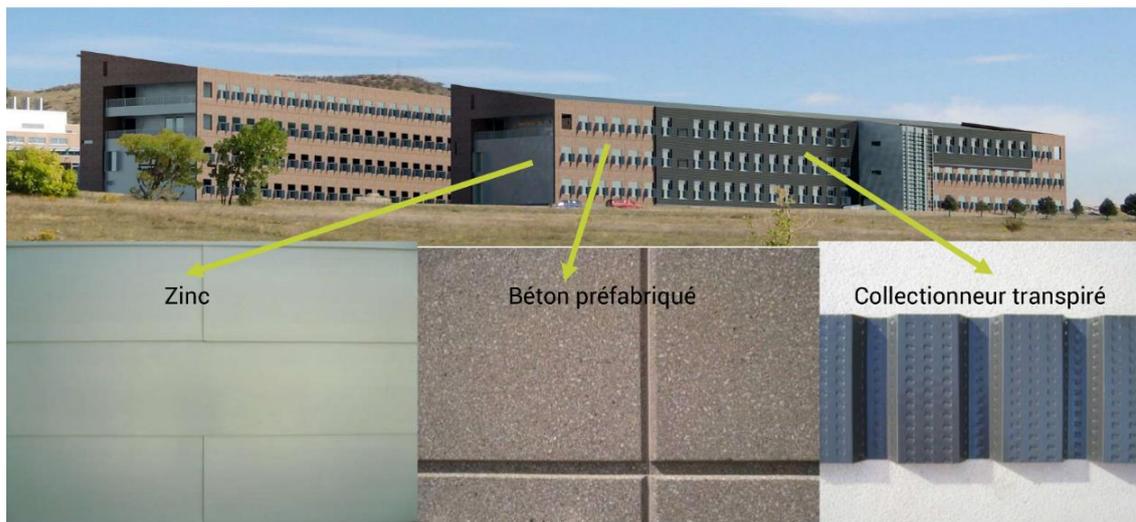
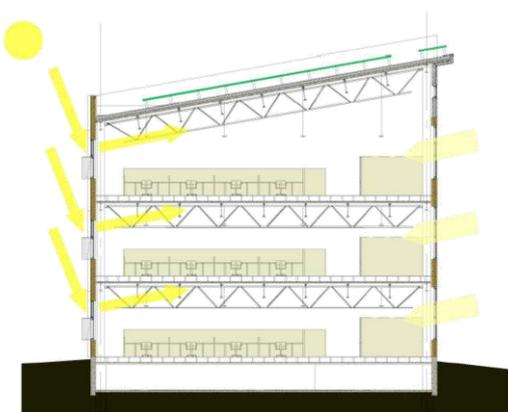


Figure 44: Traitement et matériaux de construction texture des façades dans le bâtiment RSF



Figure 43: Traitement et matériaux de construction des vitrages



Les façades Est et Ouest présentent respectivement des vitrages thermochromiques et électrochromes. Le vitrage thermochromique résiste au transfert de chaleur pour réduire les pertes de chaleur, et le vitrage électrochrome se teinte en réponse à un faible courant électrique pour réduire le gain de chaleur.

Le vitrage de chacune des fenêtres est adapté à sa fonction. Tout le verre de vision sur les côtés nord et sud du bâtiment est à triple vitrage et les cadres de fenêtres à rupture de pont thermique augmentent l'efficacité énergétique des unités. Les fenêtres de l'élévation nord sont légèrement plus grandes que celles de l'élévation sud, car la lumière nord est plus diffuse et moins sujette à l'éblouissement.

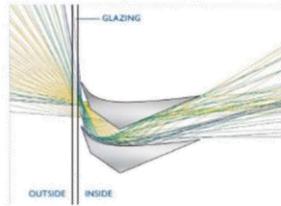
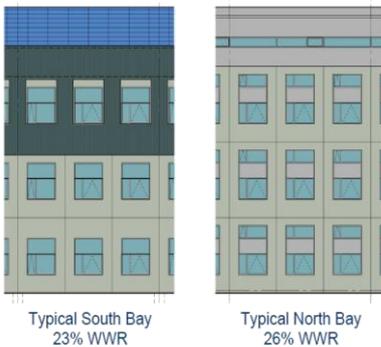


Figure 45: Système de CVC et stratégies énergétiques du bâtiment RSF

Windows / Natural Ventilation



Windows / Natural Ventilation



Glare Control + View Window
Daylight Control + Daylight Window
Daylight Enhancement

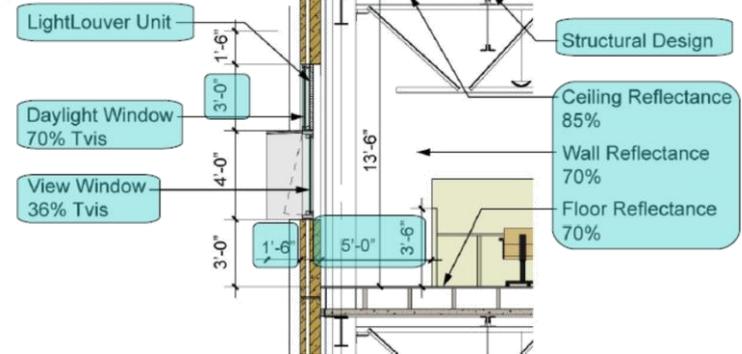


Figure 46: Dimensionnements des fenêtres du bâtiment RSF

Fenêtres à triple vitrage avec surplombs individuels. Les concepteurs ont choisi des tailles de fenêtre et des combinaisons de verre qui maximiseraient la lumière du jour tout en minimisant l'éblouissement ainsi que les pertes et les gains de chaleur indésirables.

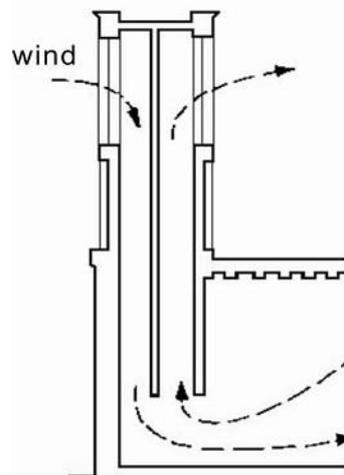
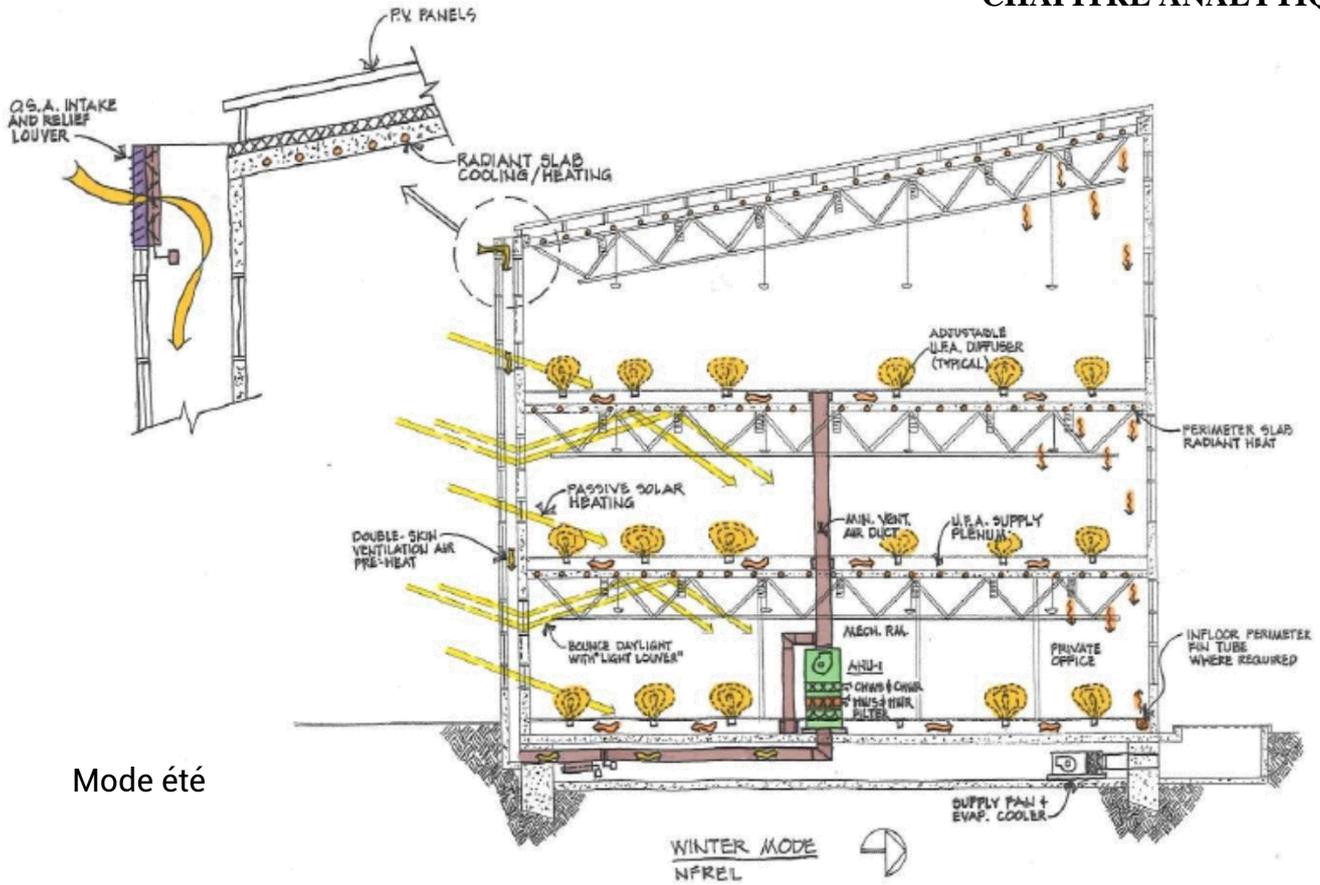
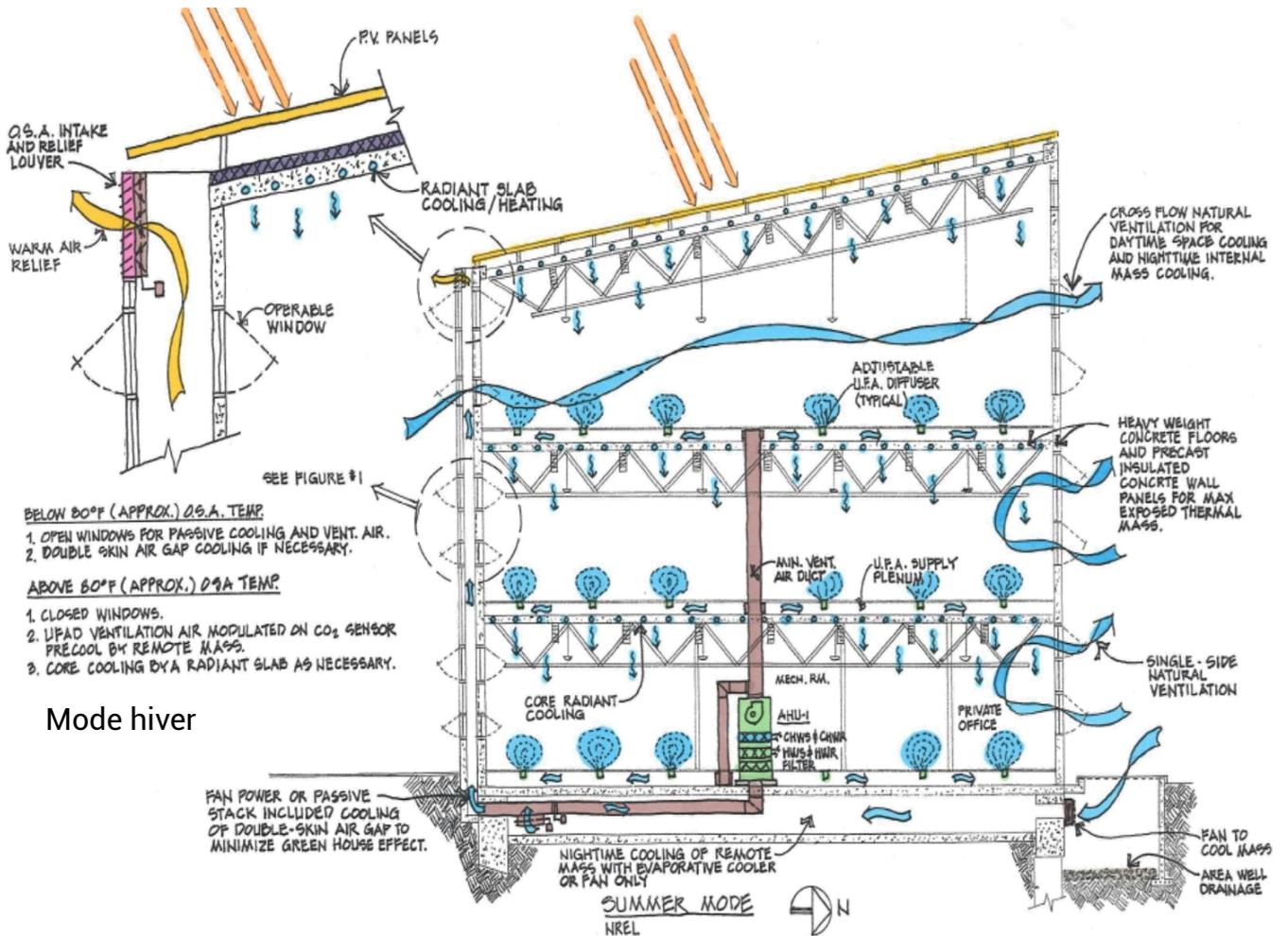


Figure 47: Système de tour à vent des termites évacue la chaleur à l'extérieur par effet chemin dans le bâtiment RSF



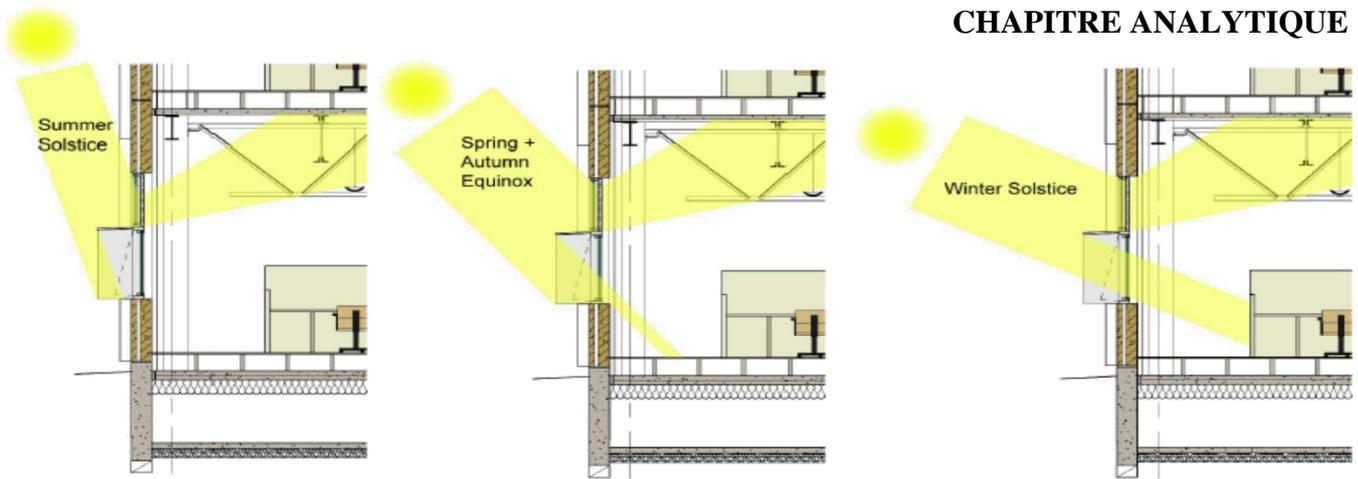
Mode été

Figure 48: stratégie du confort d'été dans le bâtiment RSF

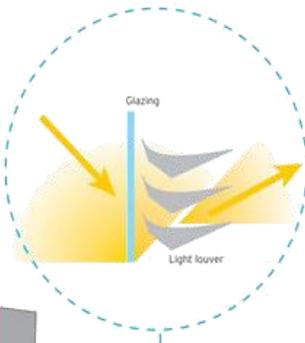


Mode hiver

Figure 49: stratégie du confort d'hiver dans le bâtiment RSF



- La lumière du jour est redirigée vers le plafond froid
- Aucun gain solaire direct sur les occupants
- 47% d'économies sur les charges de prise
- Équipement de bureau de pointe de 0,40 W / pi2



La géométrie des fenêtres et des dispositifs d'ombrage des fenêtres orientées au sud de RSF limite le gain de chaleur et l'éblouissement tout en permettant une lumière du jour efficace. Les fenêtres comprennent des panneaux de vision inférieurs utilisables qui facilitent la ventilation naturelle et le rinçage nocturne. Les panneaux supérieurs fixes ont des persiennes intégrées qui réfléchissent la lumière vers le plafond. Les étagères lumineuses ombragent les panneaux de vision et dirigent la lumière du soleil à travers les persiennes.

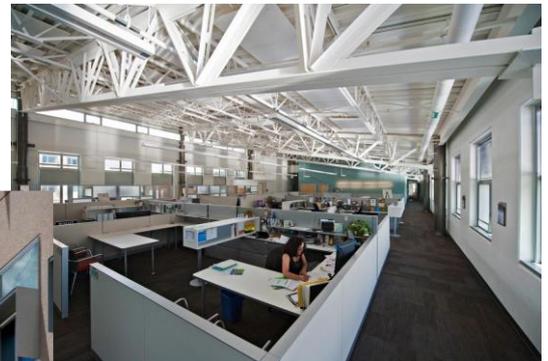
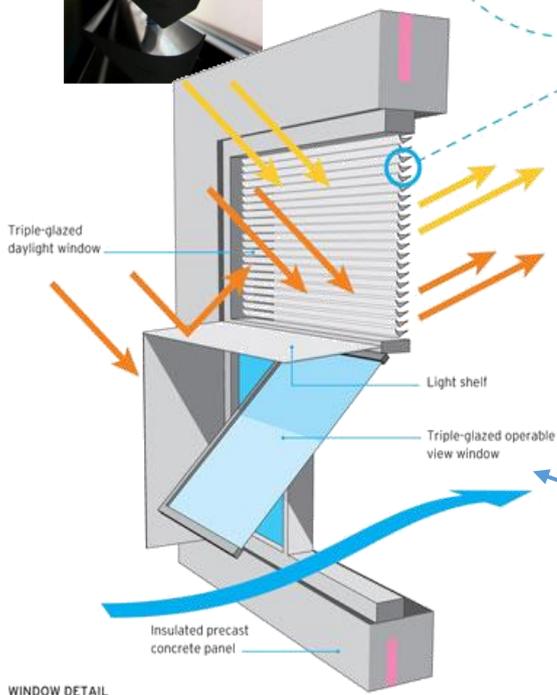
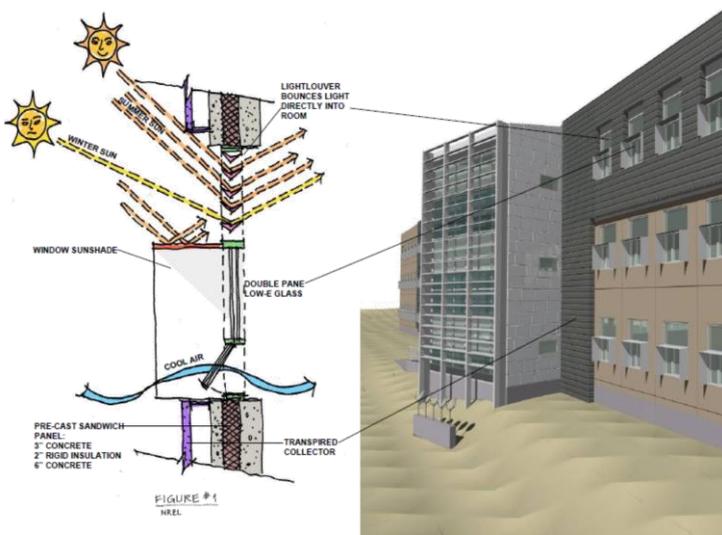
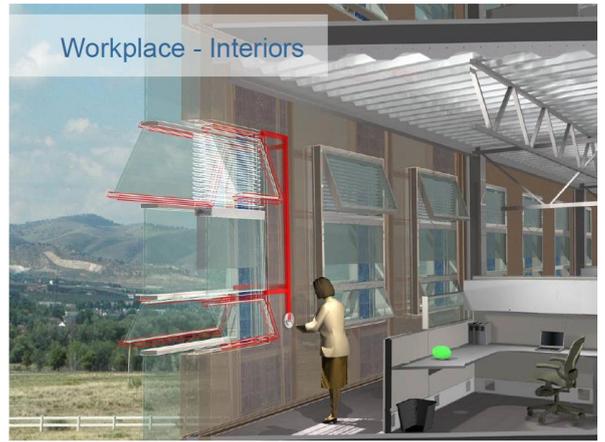


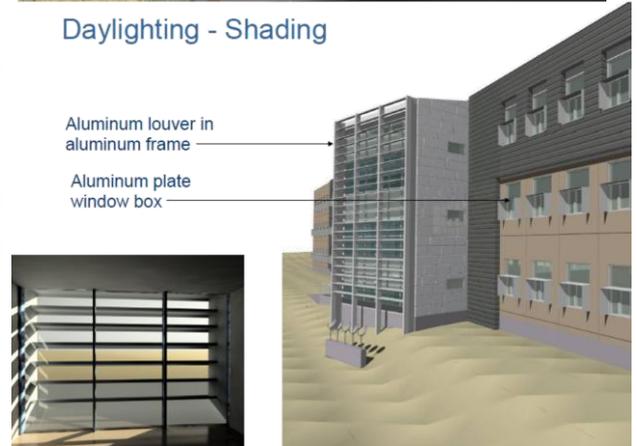
Figure 50: représentation du système d'éclairage naturel dans le bâtiment RSF

- Un dispositif de redirection de la lumière réfléchit la lumière du soleil vers le plafond, créant un effet d'éclairage indirect.
- Les pare-soleil fixes limitent l'excès de lumière et l'éblouissement.

Commandes de fenêtres fonctionnelles et automatiques, Sur les élévations sud et nord du bâtiment, les fenêtres inférieures peuvent être actionnées à la fois manuellement et automatiquement. Une interface de gestionnaire de tâches basée sur un poste de travail avertit les occupants lorsque les conditions sont optimales pour la ventilation naturelle et que les fenêtres peuvent être ouvertes. Les fenêtres nord supérieures automatiques sont commandées et exploitées principalement pour prendre en charge le prérefroidissement nocturne.



Daylighting - Shading



Pour réduire l'éblouissement sur la façade sud, des surplombs de brise-soleil ombragent le verre de vision inférieur.

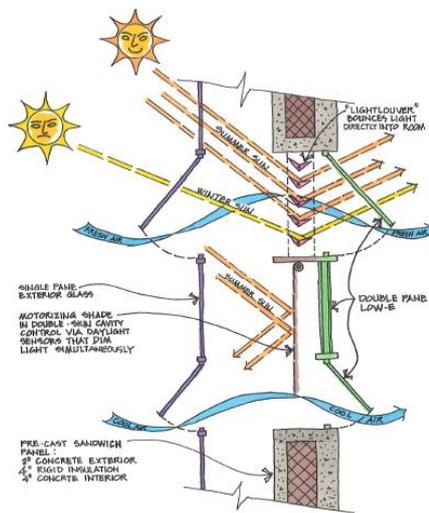
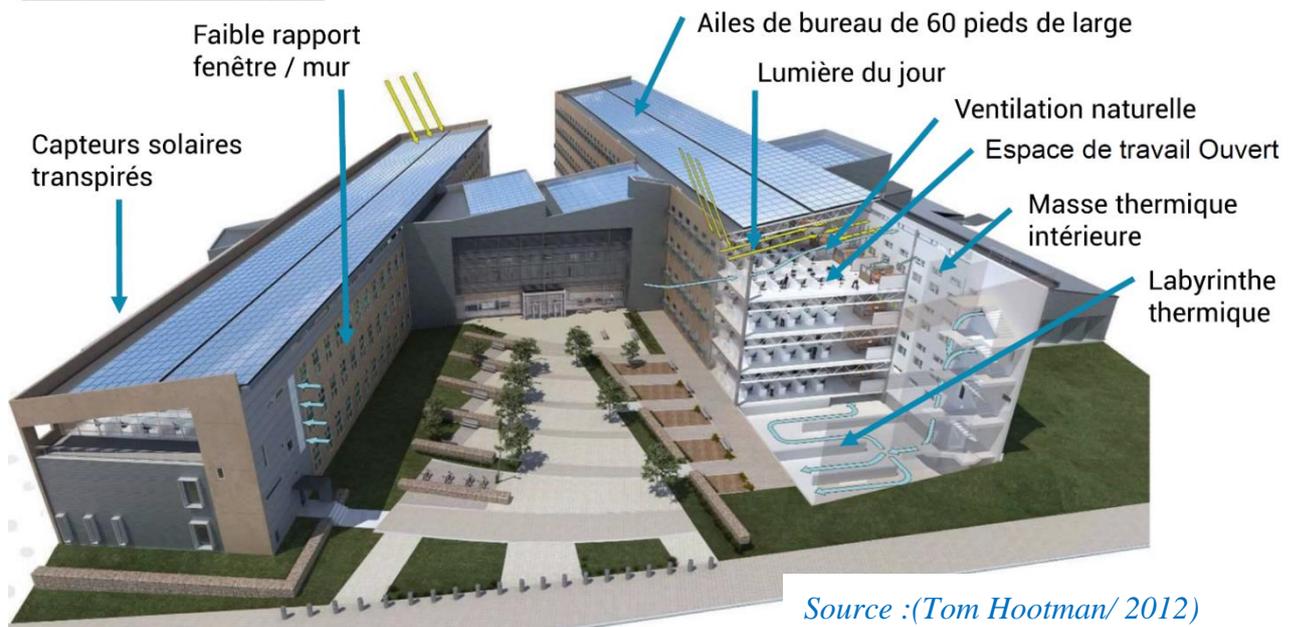


Figure 51: traitement de l'éclairage et la ventilation sur la façade sud dans le bâtiment RSF

Synthèse de la section des stratégies énergétiques

ARCHITECTURE PASSIVE



- 1- Le bâtiment est organisé en longues ailes de bureau de 60 pieds de large pour une orientation solaire optimale
- 2- 1,6 MW de photovoltaïque sur site; 450 kW sur le toit
- 3- Pare-soleil à persiennes protègent le vitrage du hall d'entrée
- 4- Le rapport fenêtre / mur pour les murs nord et sud est de 25% et les fenêtres sont organisées en sections d'éclairage naturel et de vue
- 5- Dalles radiantes fournissent le chauffage et le refroidissement de la structure exposée ci-dessus
- 6- Les fenêtres à commande manuelle permettent une ventilation naturelle et les fenêtres à commande automatique peuvent s'ouvrir pendant les nuits d'été jusqu'à la nuit pour purger les espaces avec de l'air frais
- 7- Vitrages électrochromiques Ouest et thermochromiques Est, ombragés avec balcons encastrés
- 8- Capteurs solaires transpirés sur la façade sud du bâtiment
- 9- Un plan de bureau ouvert avec des postes de travail à profil bas permet un éclairage naturel adéquat et une ventilation naturelle
- 10- Le plancher surélevé de 12 "de haut fournit de l'air, de l'énergie et des données de ventilation
- 11- Le labyrinthe thermique stocke l'air passivement refroidi et chauffé pour une utilisation future.

EXEMPLE 03 : Centre for Sustainable Energy Technology (CSET) Mario Cucinella

Le Centre for Sustainable Energy Technology (CSET), situé sur le campus de Nottingham Ningbo à Ningbo, en Chine, et conçu par Mario Cucinella Architects, La mission du Centre est de fournir des solutions aux problèmes découlant des questions de durabilité liées à l’environnement, à l’ingénierie et à la technologie et soutient ainsi les efforts continus pour améliorer l’écologie. Les activités du CSET couvrent à la fois les investigations expérimentales et théoriques dans des laboratoires de recherche bien équipés. Le Centre vise également à suivre des cours de troisième cycle et à attirer des fonds de sources extérieures pour des programmes de formation et des cours de courte durée, ainsi qu’à participer à des activités de réseau et de sensibilisation du public.

La forme unique et dynamique du Centre offre quelque chose d’intéressant à voir visuellement et offre au bâtiment une quantité de structure et de rigidité, indépendamment du cadre structurel, permettant au système structurel global d’être plus économique. Le bâtiment avec son centre d’accueil, ses laboratoires et ses salles de classe spécialisées ainsi que les structures secondaires environnantes ont été construits en utilisant des techniques de pointe pour une construction respectueuse de l’environnement et durable.

| Fiche technique | |
|---|----------------------------|
| Centre for Sustainable Energy Technology (CSET) Mario Cucinella | |
|  | |
| Situation | Zhejiang , NINGBO, CHINE |
| Date de construction | 2008 |
| Architecte | Mario Cucinella Architects |
| Surface | 1300 m ² |
| Nombre d’étage | R+5 |
| Capacité |chercheurs |

Le CSET est articulé dans une tour carrée (a) de six étages au-dessus du sol reposant sur une plaque rectangulaire au sous-sol (b). Les deux organismes accueillent des fonctions différentes : les premiers bureaux et salles d’étude et le second une salle d’exposition, un laboratoire et des ateliers.

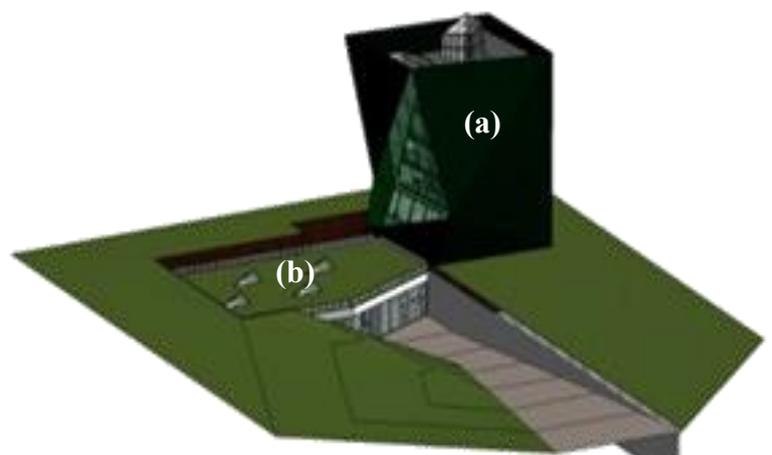


Figure 52: composition volumétriques du CSET

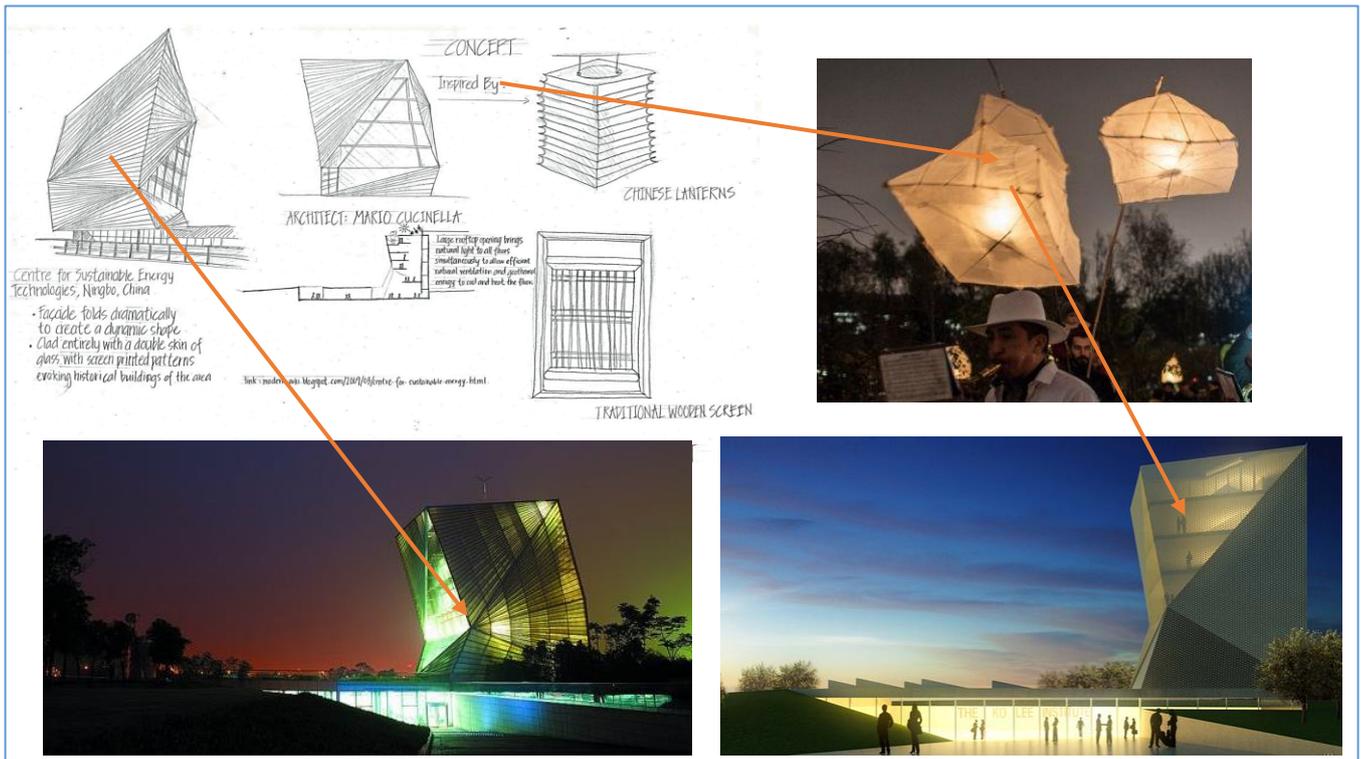


Figure 54: Genèse du projet CSET Mario Cucinella

Le design inspiré des lanternes en papier et de la forme en éventail du Tradition chinoise. La façade du bâtiment se replie radicalement pour créer une forme dynamique. Le bâtiment est entièrement recouvert d'une double peau de verre avec des motifs sérigraphies qui évoquent bâtiments historiques de la région et montre un aspect qui se détourne de jour comme de nuit.

Le bâtiment situé sur le campus de l'Université de Nottingham en Chine, il se trouve dans une grande prairie à côté d'un ruisseau qui traverse le campus.



Figure 55: Position du projet CSET Mario Cucinella dans le campus de Nottingham Ningbo



Figure 53: Plan de masse environnemental du CSET

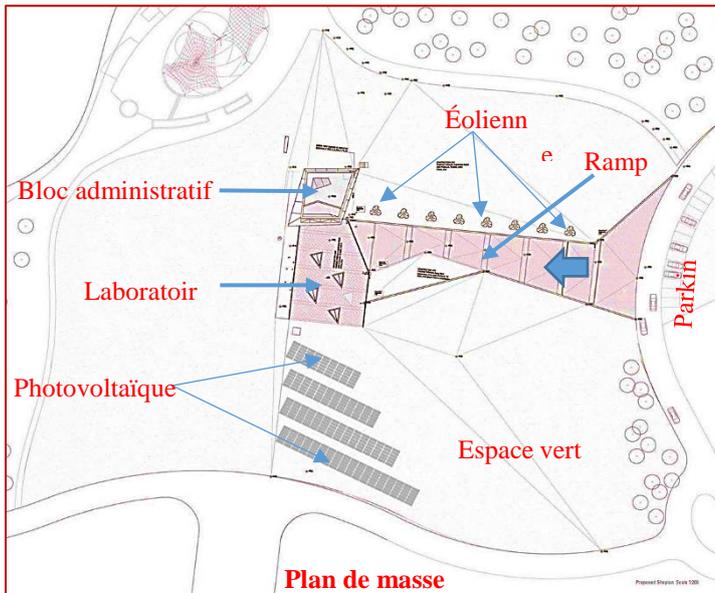
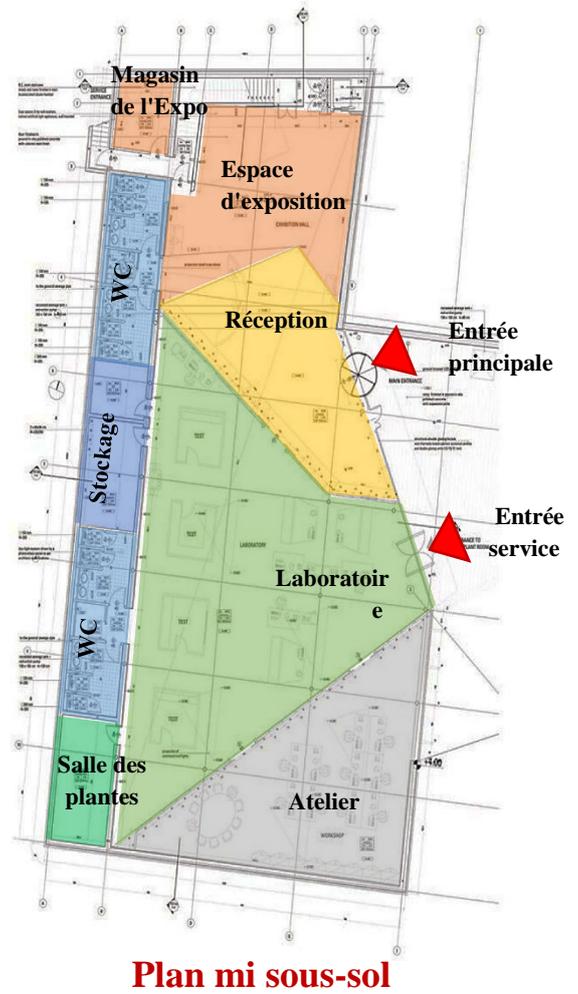
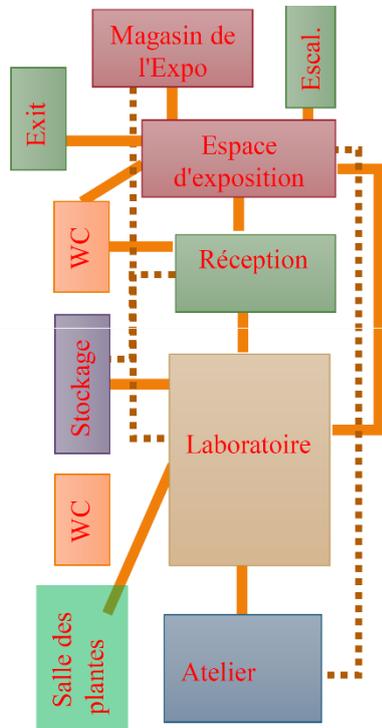


Figure 56: plan de masse organisationnel du CSET



Plan mi sous-sol



Organigramme du plan Sous-sol

Organisation verticale

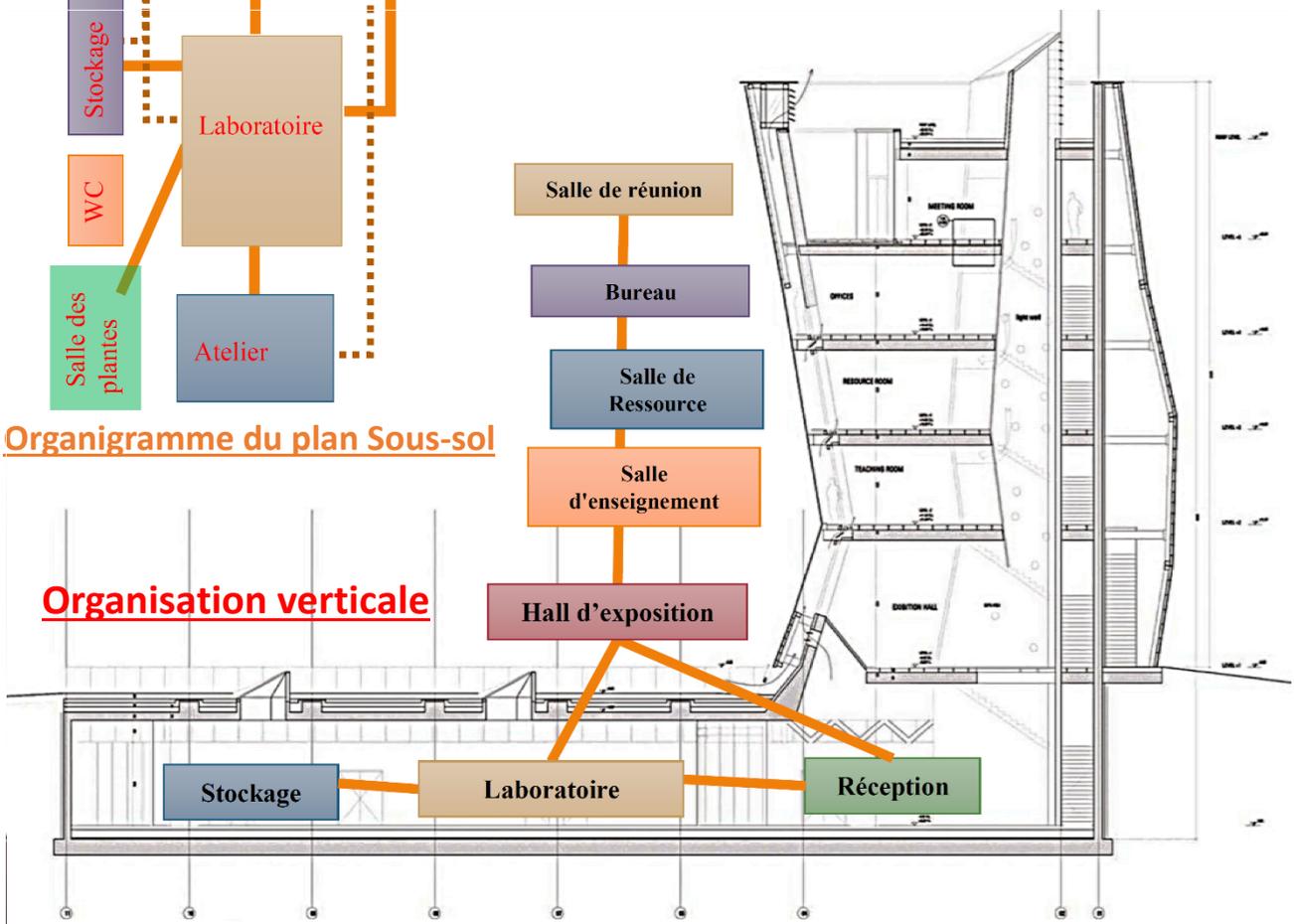
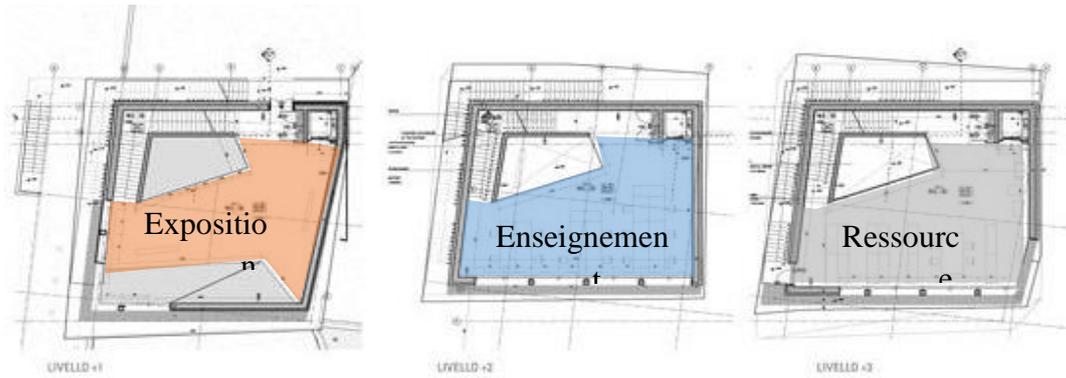


Figure 57: Les organigrammes spatiaux-fonctionnels du CSET



Organigramme des plans du 1^{er} au 5^{em}e étage

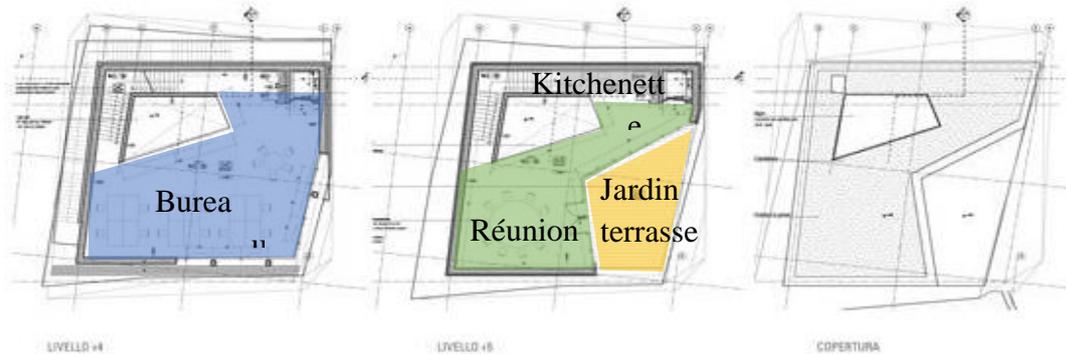


Figure 59: Les organigrammes spatiaux-fonctionnels des plans du 1er au 5em étage CSET

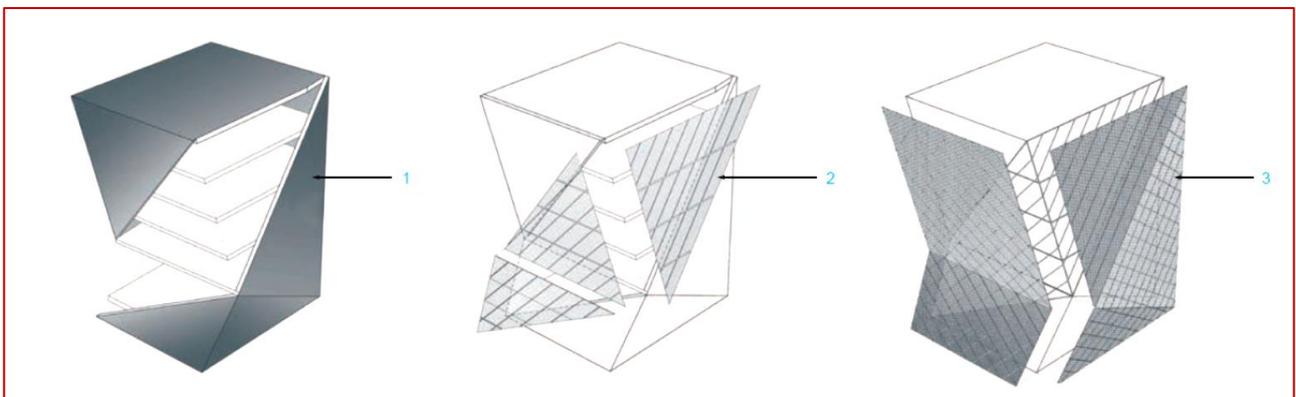
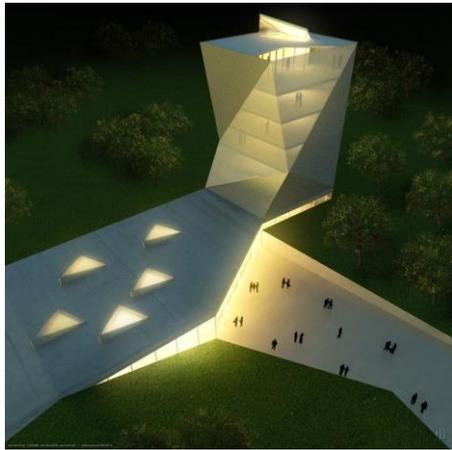


Figure 58: Traitement de l'enveloppe du CSET

1. Mur de béton isolé Mur de structure en béton interne avec panneaux isolants extérieurs - Masse thermique -haute isolation thermique
2. Façade structurale à double peau (valeur U 1,4-1,3w / mgk) Façade structurale avec profilés en aluminium peints à rupture thermique avec double vitrage (8/20 / 6mm) -Lumière naturelle -Haute isolation thermique
3. Peau externe Façade extérieure avec verre feuilleté et motif sérigraphié sur vitre intérieure (5 + 5 + 0,76 mm) Détail d'élévation de la façade extérieure -Protection solaire -Lumière naturelle - Ventilation naturelle.



Perspective



Coupes



Façade Sud



Façade EST



Façade Ouest

FORME DINAMIQUE

Figure 60: Coupes et façades du CSET



Figure 61: Système d'éclairage naturel dans le CSET

Synthèse de la section des stratégies énergétiques - été / hiver (figure 01 et 02)

1. Le Solaire

Un refroidisseur, alimentation par eau chaude à partir de tubes solaires, air extérieur pré-refroidi pour la ventilation de la tour

2. Air évacué

3. Fermé

4. Bien éclairer

5. Inertie thermique élevée des surfaces de béton exposées

6. Contrôle solaire et anti-éblouissement de la façade double peau

7. Activation de la masse thermique

8. Refroidissement radiant

9. Toit vert Une grande inertie thermique évite la surchauffe de l'intérieur

10. Air extérieur

11. Les espaces verts réduisent l'effet d'îlot de chaleur

12. Échangeur de chaleur terre-air

13. Tuyaux souterrains pré-refroidir l'air pour le demi-sous-sol

14. Bypass fermé

15. Serpentin de déshumidification de refroidissement

16. Le BEMS gère les stratégies actives et passives pour minimiser la consommation d'énergie

17. Boucles géothermiques verticales n ° 16

18. Électricité à partir de pv

19. Eau chaude des capteurs solaires_ Cubes évacués de 114 m2

20. Pompe à chaleur à cycle réversible

21. Aux beaux jours, la façade à double peau préchauffe l'air de ventilation

22. Les tuyaux souterrains préchauffent l'air pour le demi-sous-sol

23. Bypass ouvert

24. Enveloppe bien isolée et étanche à l'air Paroi opaque $u = 0,25 \text{ W / m}^2\text{K}$

Façade transparente $u = 1,2 \text{ W / m}^2\text{K}$

$U = 0,25 \text{ W / m}^2\text{K}$

$U = 1,2 \text{ W / m}^2\text{K}$

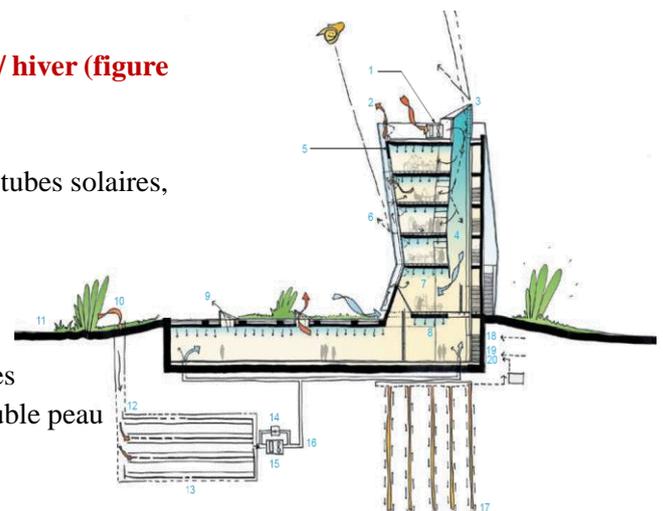


Figure 62: Les stratégies énergétiques d'été dans le CSET

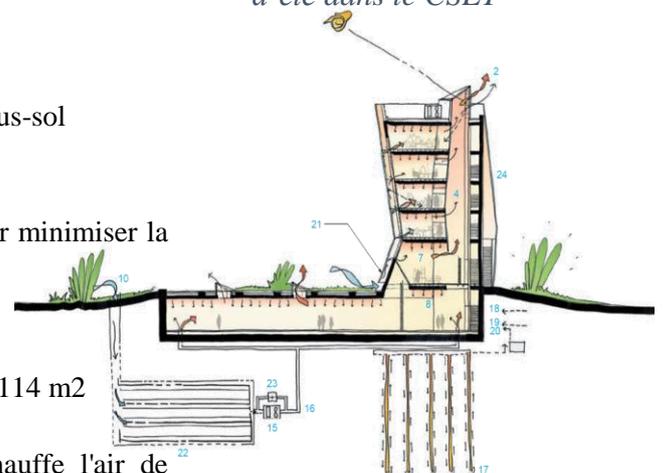


Figure 63: Les stratégies énergétiques d'hiver dans le CSET

Système de gestion de l'énergie de construction (BEMS) : Le fonctionnement du bâtiment et de ses installations est géré par un système de gestion de l'énergie de construction (BEMS) afin d'optimiser les niveaux de confort dans les environnements tout en réduisant la consommation d'énergie. Le BEMS surveille le fonctionnement des différents composants d'installation et les conditions ambiantes à l'intérieur du bâtiment, optimise le fonctionnement des différentes pièces en fonction des exigences de confort exprimées par l'utilisateur et de la performance énergétique de l'installation.

EXEMPLE 04: Advanced Energy Center, Stony Brook University

Présentation :

Situé sur Long Island à New York, l'Advanced Energy Center de l'Université Stony Brook s'associe à des universités, des instituts de recherche, des fournisseurs d'énergie, l'industrie privée et des laboratoires nationaux du Département de l'énergie (DOE) pour développer des technologies avancées et de pointe afin d'explorer plus de moyens de produire des produits propres l'énergie, l'amélioration de la production à partir de sources renouvelables et la recherche de méthodes efficaces de distribution et de stockage de l'énergie.

L'objectif de l'installation est de soutenir une variété de laboratoires et d'espaces techniques interdisciplinaires et flexibles pour les chercheurs effectuant des enquêtes hautement spécialisées pour résoudre la prochaine génération de problèmes énergétiques du pays.

L'installation se concentre sur cinq domaines d'orientation scientifique qui comprennent : les systèmes d'énergie renouvelable, l'énergie à base d'hydrogène, la technologie des piles à combustible, les biocarburants et les applications de réseau intelligent.

Les principaux laboratoires soutenant la flexibilité du Centre comprennent une serre d'optique solaire, un laboratoire de synthèse chimique, une suite de résonance magnétique nucléaire (RMN) et un espace de démonstration à grande hauteur, ainsi que des laboratoires de nanotechnologie et de microscopie.

Fiche technique

Advanced Energy Center (AEC), Stony Brook University



| | |
|-----------------------------|--|
| Situation | dans le parc de recherche et développement de l'Université Stony Brook Long Island à New York |
| Date de construction | 2010 |
| Architecte | Flad Architects |
| Surface | 4552 m² |
| Nombre d'étage | R+5 |
| Capacité |chercheurs |

L'orientation

L'orientation dominante est-ouest, ce qui a permis de minimiser la pénétration de la lumière à faible angle le matin et en fin d'après-midi en faisant face aux façades courtes vers le soleil des côtés est et ouest du bâtiment. Cela atténue non seulement la fatigue oculaire de l'utilisateur, mais maximise l'exposition du bâtiment dans les directions nord et sud, ce qui peut être utilisé pour affecter positivement à la fois les performances du bâtiment et la satisfaction des occupants.



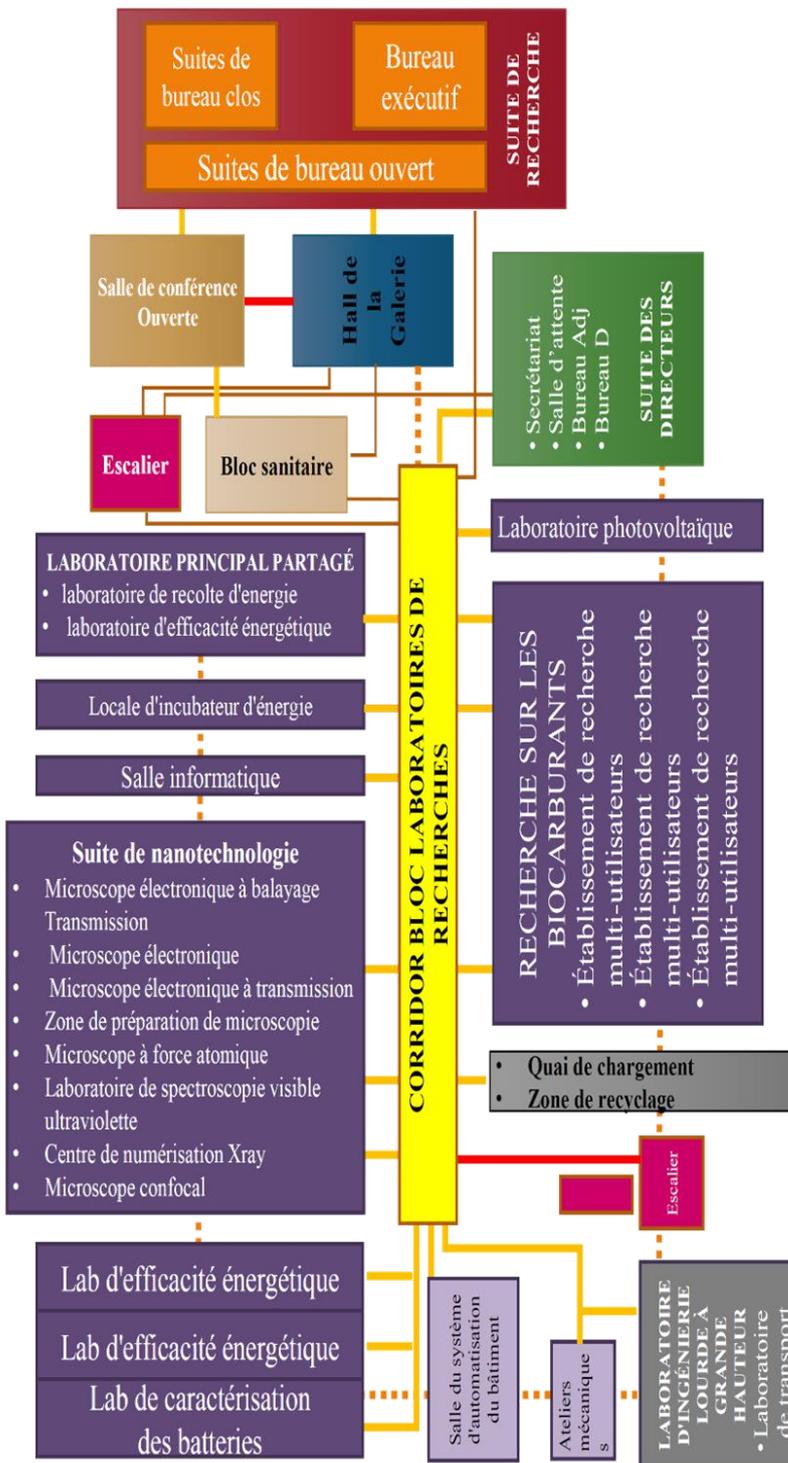


Figure 66: Organigramme plan réez de chaussé du AEC (source auteure)

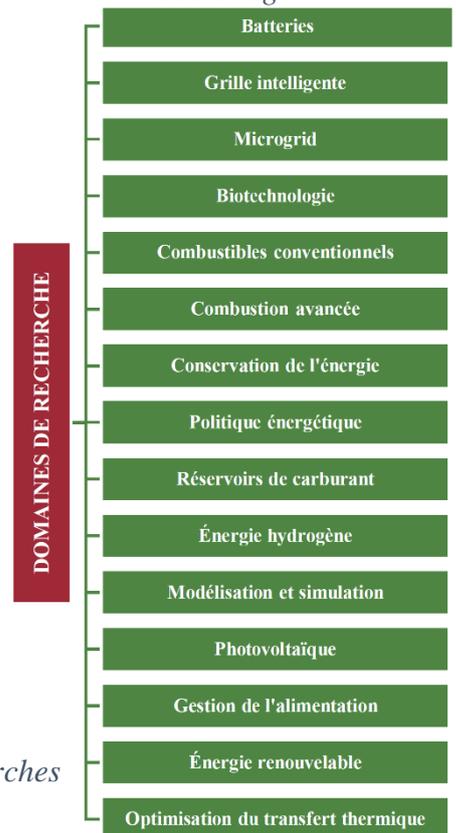


Figure 65: Les domaines de recherches du AEC (source auteure)



Figure 67: Plan réez de chaussé du AEC

www.aertc.org



ORGANIGRAMME PLAN DE L'ÉTAGE:

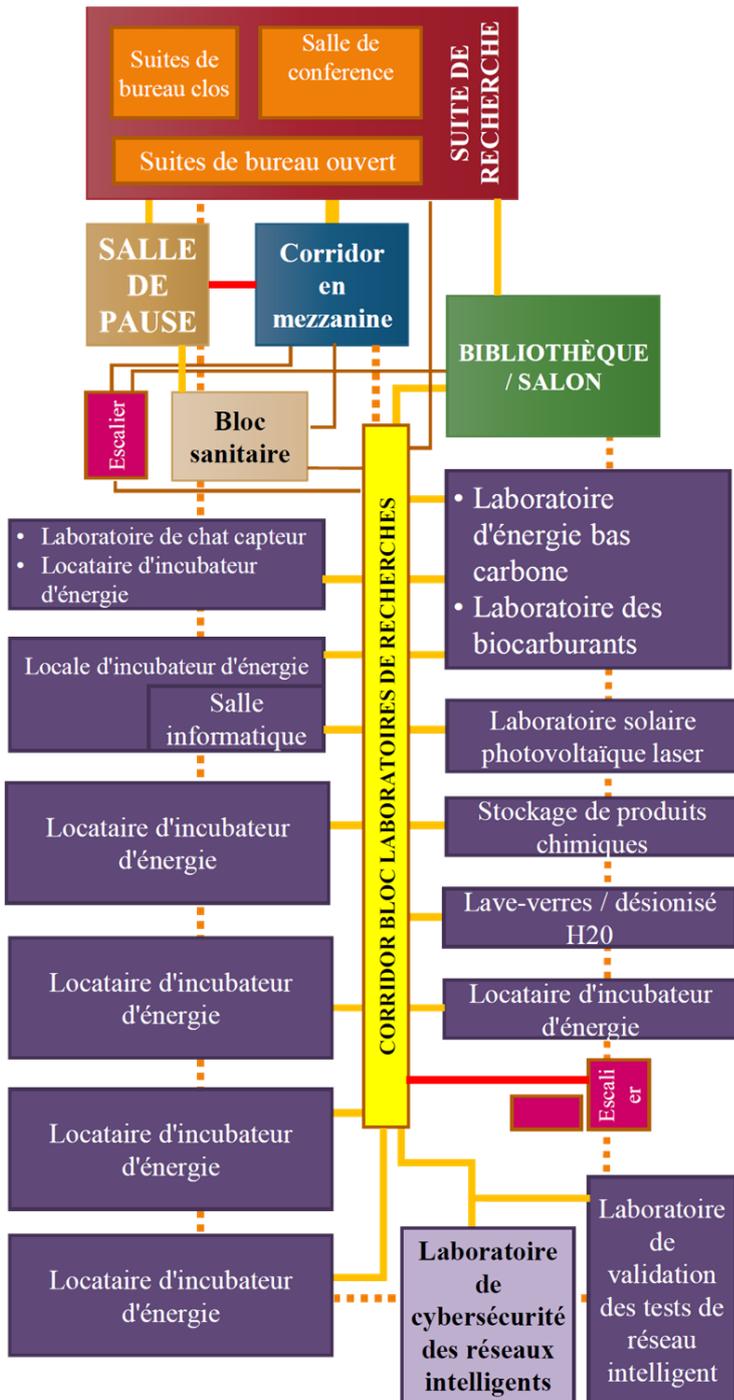


Figure 71: Organigramme plan 1^{er} étage (source auteure)

- Soutien au bâtiment
- Circulation
- Laboratoire
- Support de laboratoire
- Mécanique
- Bureau
- Incubateur

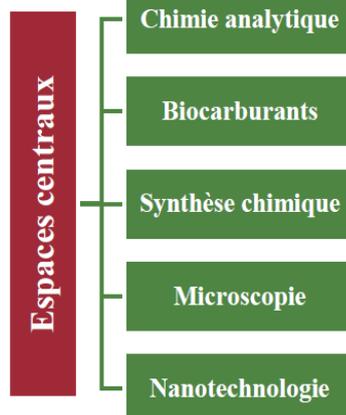


Figure 68: Les espaces centraux du AEC (source auteure)

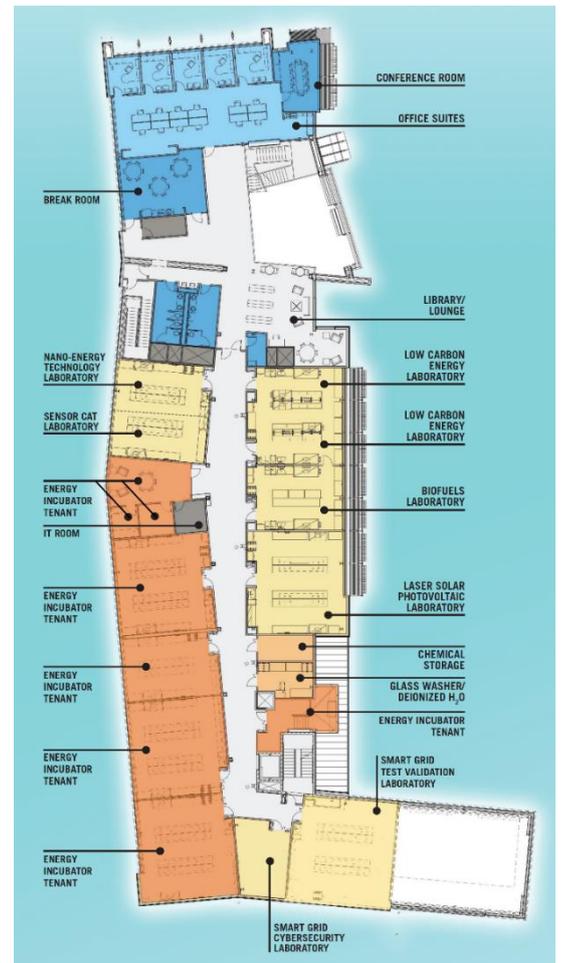


Figure 70: Plan 1er étage www.aertc.org



Figure 69: Les centres d'activités du AEC (source auteure)



Figure 72: Façade principale du AEC

Façade style moderne simple avec des grandes baies vitrées orienter Sud avec brise en panneaux photovoltaïque avec la confirmation de l'horizontalité dans la façade



LES BUTS:

- Planification du site pour minimiser le gain de chaleur et l'éblouissement
- Refroidissement par distribution hydraulique
- Récupérer l'énergie des flux d'échappement
- L'utilisation du stockage d'énergie thermique
- Conception du toit pour recueillir l'eau de pluie
- Aménagement paysager économe en eau
- Conception de toiture froide

- Volume en forme compacte
- Forme longitudinal

- Les puits de lumière à tubes solaires attirent une quantité considérable de « lumière du jour canalisée » dans l'espace de bureau ouvert du deuxième étage produisant jusqu'à 20 500 lumens chacun. Dans cet espace régulièrement occupé, les tubes solaires minimisent le besoin d'éclairage artificiel pendant l'occupation.



- Les poutres froides sont une technologie européenne efficace. Incorporant un serpentin de refroidissement à eau avec un diffuseur d'air, les poutres froides induisent de l'air ambiant à travers le serpentin de refroidissement, réduisant ainsi la quantité d'air du système d'air central. Ce projet compte 74 mètres linéaires (244 pieds linéaires) de poutres froides dans les bureaux et les laboratoires réduisant le débit d'air primaire de 30 %. Cela permet d'économiser 48 000 kWh par an.



Laboratoire solaire

Figure 73: Laboratoire solaire en façade (www.aertc.org)

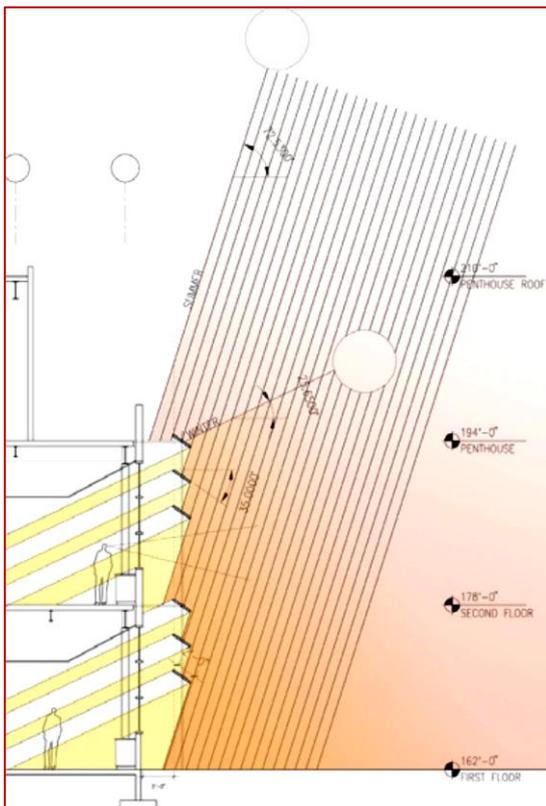


Figure 74: L'éclairage naturel dans le AEC (www.aertc.org)



Figure 75: Vue en 3D sur le AEC

Pendant les jours d'été, lorsque la trajectoire du soleil est plus haute dans le ciel, le Centre utilise des dispositifs d'ombrage sur les fenêtres et la façade sud pour réduire les gains de chaleur indésirables, diminuant ainsi la quantité d'énergie utilisée pour le refroidissement.

Pendant les mois d'hiver, la trajectoire du soleil est plus basse dans le ciel, ce qui permet au soleil de contourner les dispositifs d'ombrage pour augmenter la pénétration de la lumière dans le bâtiment, diminuant ainsi la quantité d'énergie utilisée pour le chauffage.

Synthese de la section des strategies energetiques - été / hiver

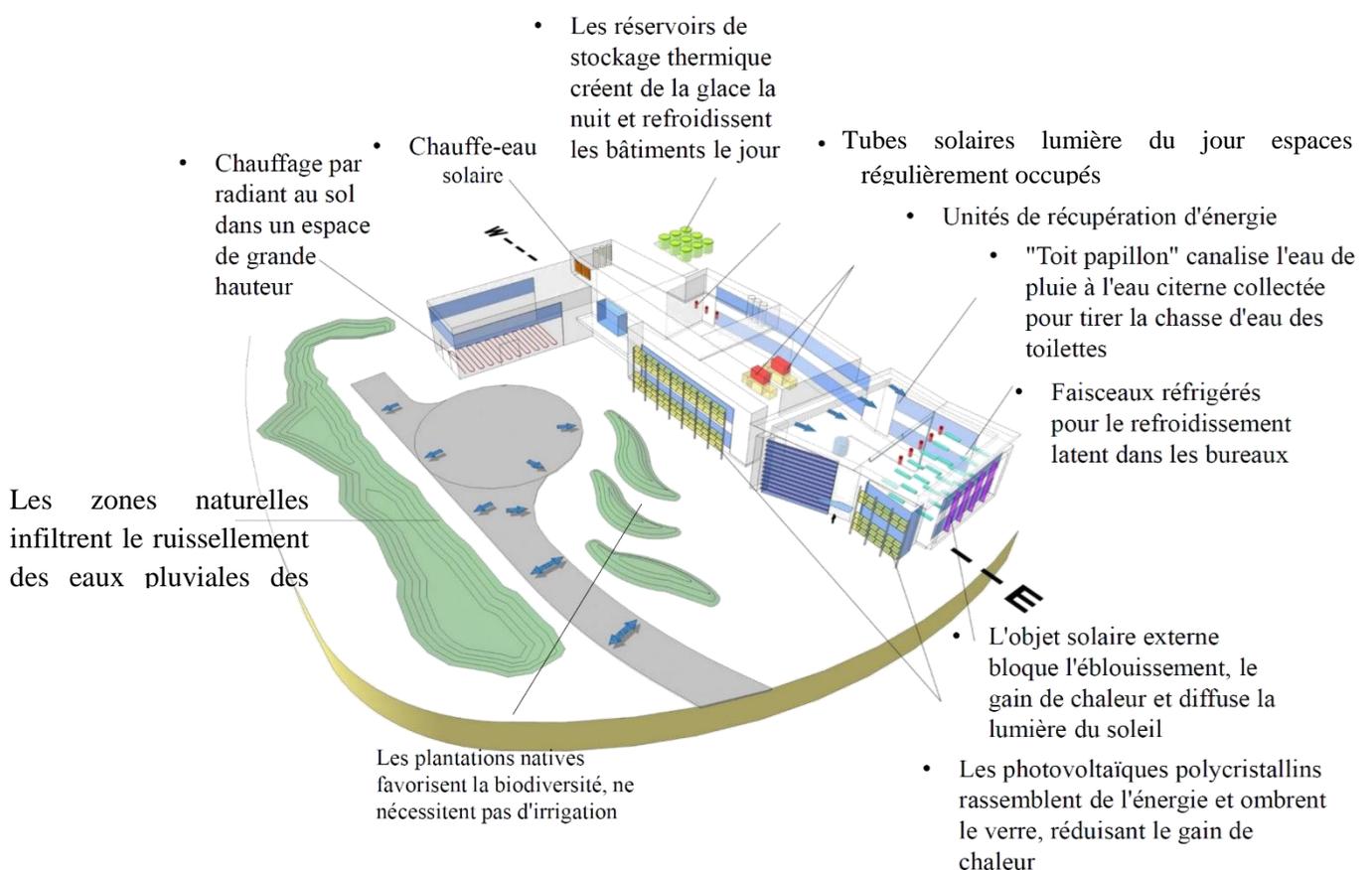


Figure 76: Les stratégies énergétiques - été / hiver du AEC

EXEMPLE 05 : Turin Energy center de l'architecte Corrado Franco Damiani

Présentation :

Centre dédié à l'étude et à la recherche appliquée dans le domaine de l'innovation énergétique et environnementale. L'idée d'un pôle d'innovation à Turin consacré à l'énergie et à l'environnement est née en 2008 et réalisée en 2016, dans le cadre du « Piano Territoriale Integrato » nommé « La durabilité énergétique comme facteur de développement : un plan pour Torino », une action de planification menée par la ville gouvernement concernant le développement économique, la durabilité environnementale et la coopération sociale à l'échelle régionale.

Le centre est conçu comme un MODÈLE TECHNOLOGIQUE « ECO BUILDING », avec des choix de conception qui prennent en compte l'ensemble du cycle de vie du système bâtiment-usine et qui sont cohérents avec les principes d'un centre de recherche et d'expérimentation, conçu spécifiquement pour l'optimisation de la consommation de ressources et économie d'énergie dans les bâtiments.

Le bâtiment sera un bâtiment à consommation énergétique quasi nulle. Il consommera une très faible quantité d'énergie thermique (enveloppe haute isolation) et d'électricité (éclairage LED) et sera fourni par :

- connexion au chauffage urbain
- TH panneaux pour produire de l'eau chaude
- Panneaux PV pour produire de l'électricité
- Équipement frigorifique à haute efficacité.
- Le bâtiment sera un bâtiment durable certifié selon la procédure de certification italienne ITACA.

Fiche technique

Turin Energy center (TEC) de l'architecte Corrado Franco Damiani



| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Situation | Turin en Italie |
| Date de construction | 2016 |
| Architecte | Corrado Franco Damiani |
| Surface | 8 830 m² |
| Nombre d'étage | R+5 |
| Capacité |chercheurs |

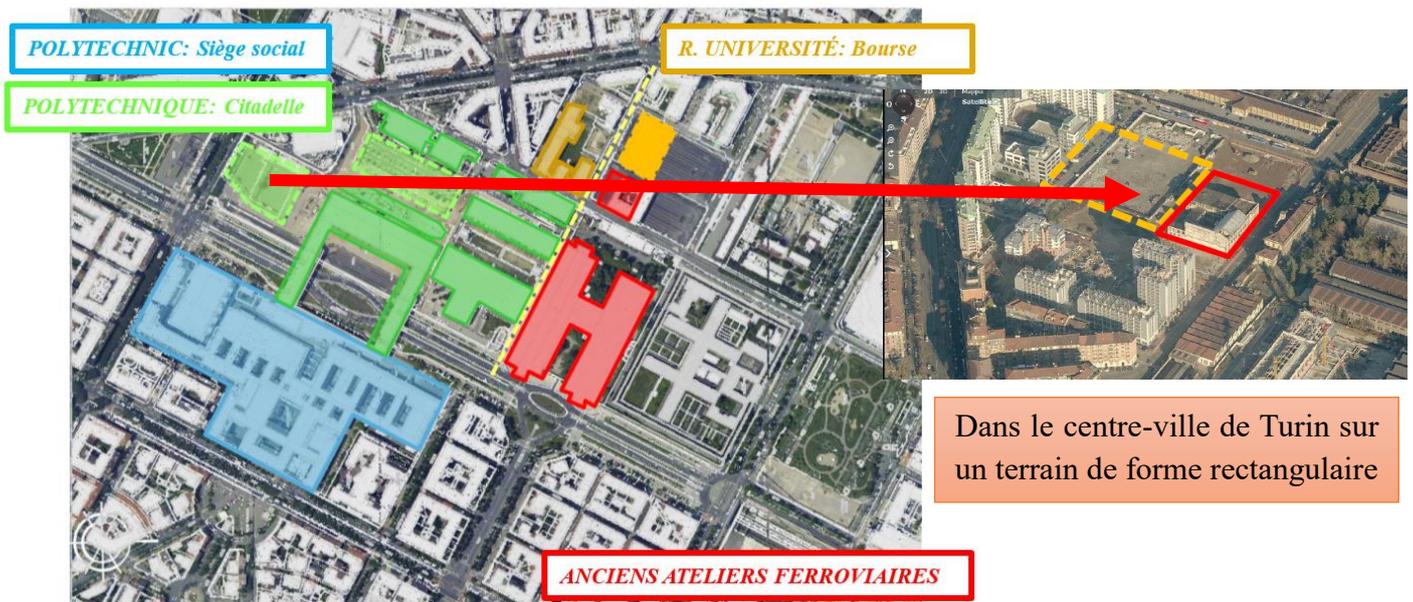


Figure 77: Position urbaine du TEC (archilovers.com)

Turin se trouve à 248m d'altitude Le climat y est chaud et tempéré. Elle est une ville à précipitations importantes. Même pendant le mois le plus sec il y a beaucoup de pluie.

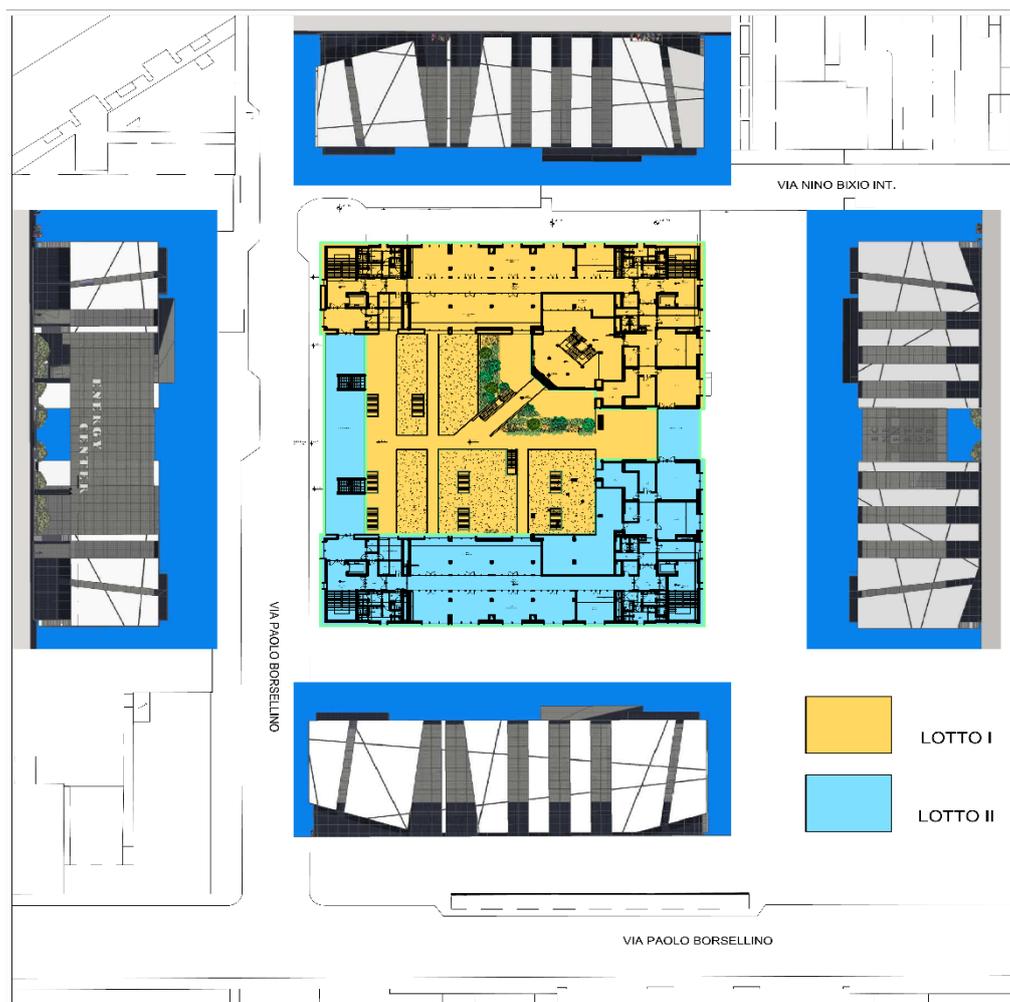


Figure 78: Le centre TEC vas être construit en deux phases **Lot 01** et **Lot 02**

(archilovers.com)

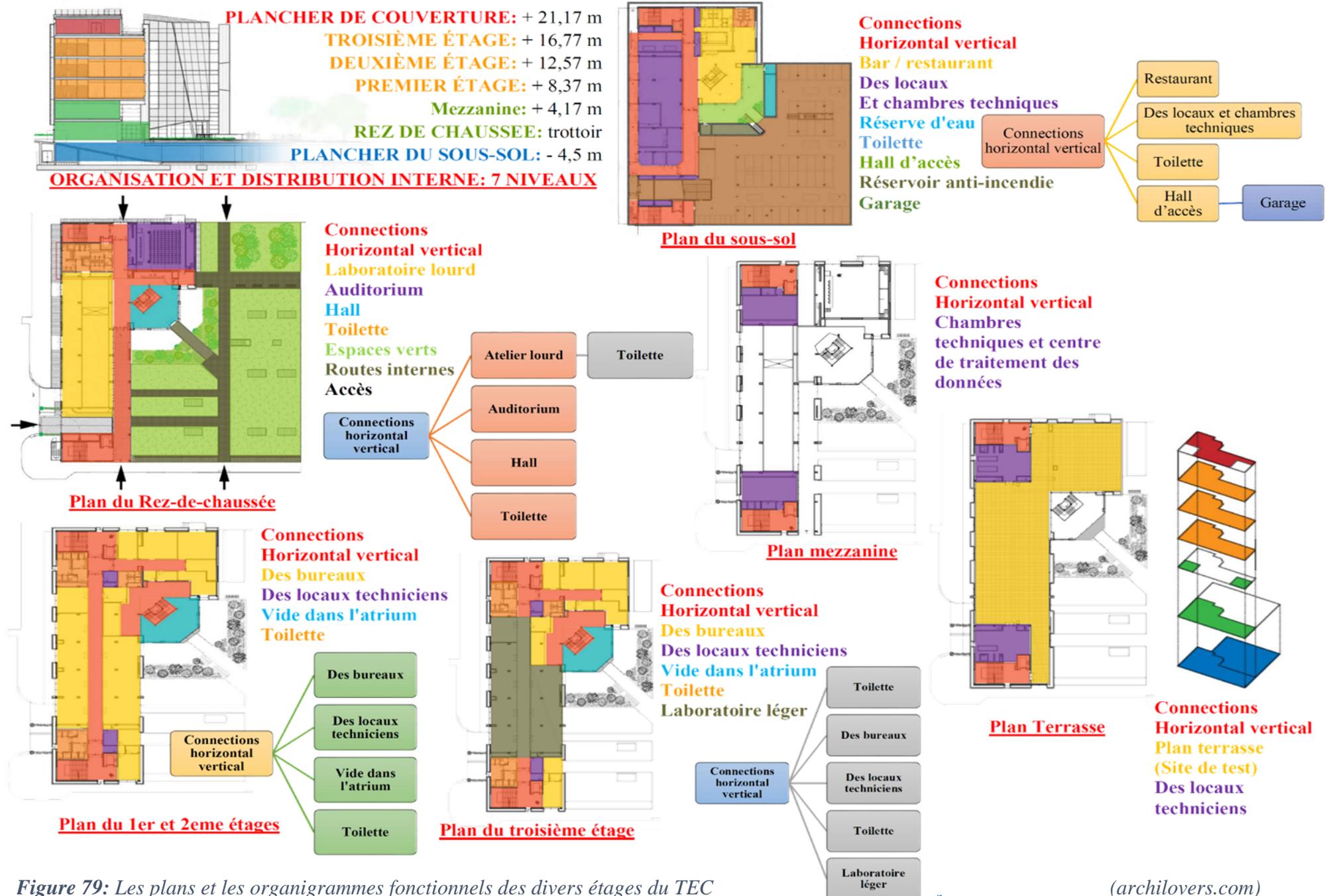


Figure 79: Les plans et les organigrammes fonctionnels des divers étages du TEC

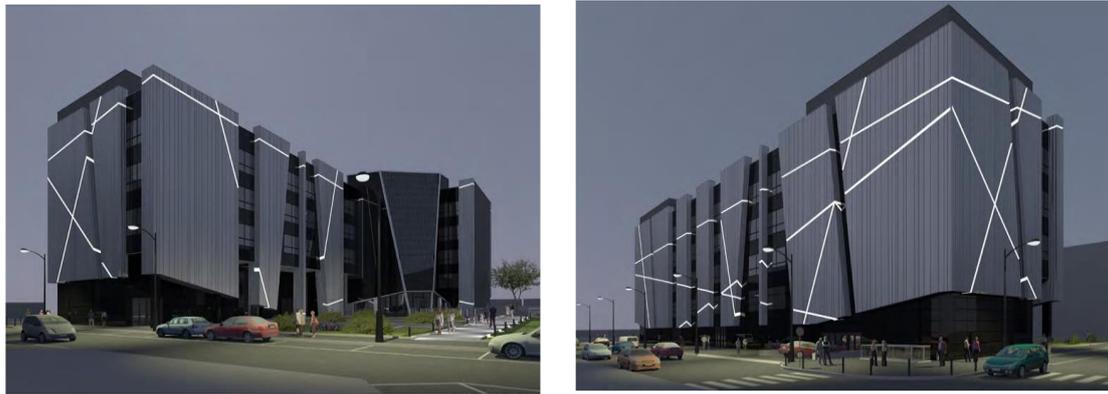
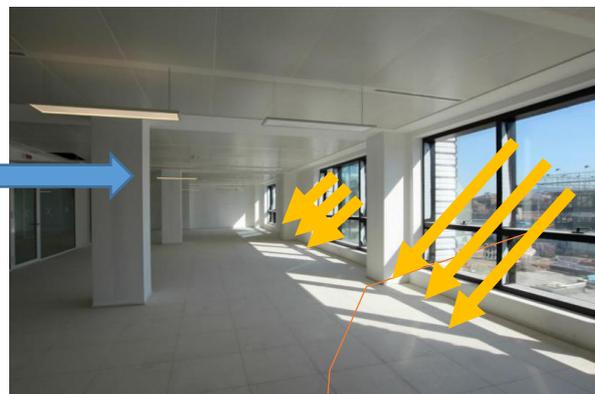


Figure 80: Vue sur le Bloc phase 01 du TEC (archilovers.com)

Les façades: Les revêtements de périmètre du bâtiment sont réalisés avec une **stratigraphie sèche** innovante, qui reflète la technologie, spécialement conçue pour l'utilisation particulière prévue et pour le caractère hautement technologique de l'intervention dans le bâtiment. Cette stratigraphie garantit à la fois légèreté, résistance aux agents atmosphériques et hautes performances thermo-acoustiques.



- Transparence permettant la continuité visuel et l'entrée d'éclairage naturel
- Les espace modulable et flexible
- Plan libre (bureaux ouverts)
- La couleur blanche dans tout le bâtiment avec quelque retouche en rouge dans la salle de conférence et le Hall d'entrées
- Multitude d'entrées sorties



- Grandes baies vitrés
- Eclairage directe
- Double vitrage

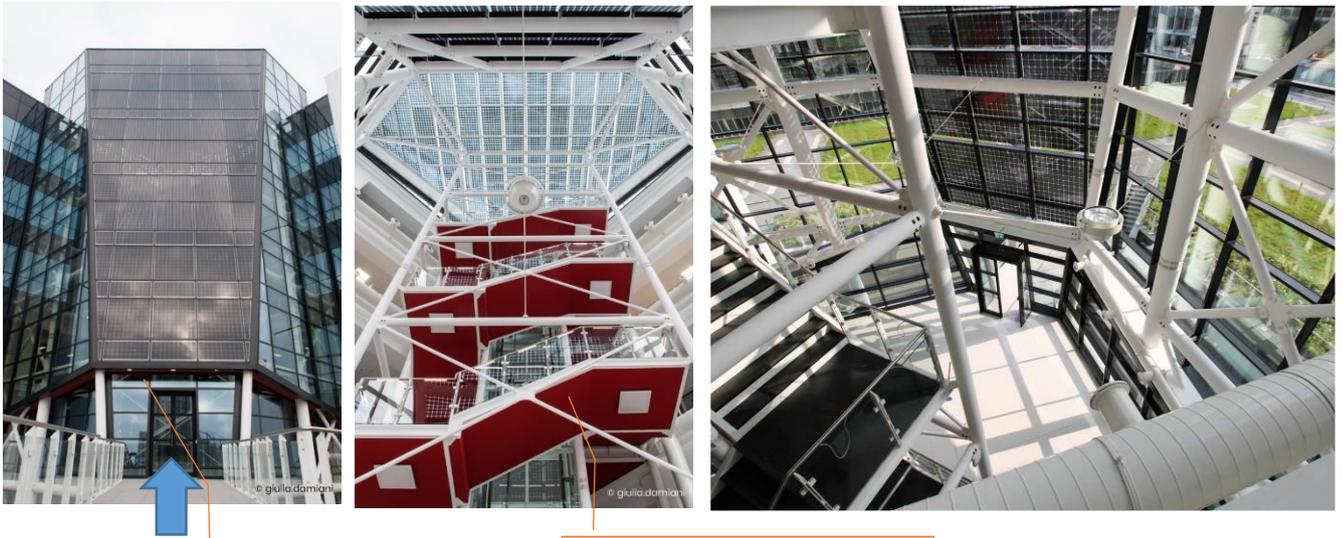


Figure 82: Qualité de l'espace intérieur des Hall et Salle de conférence du TEC (archilovers.com)



320 m² D'installation de panneaux photovoltaïque

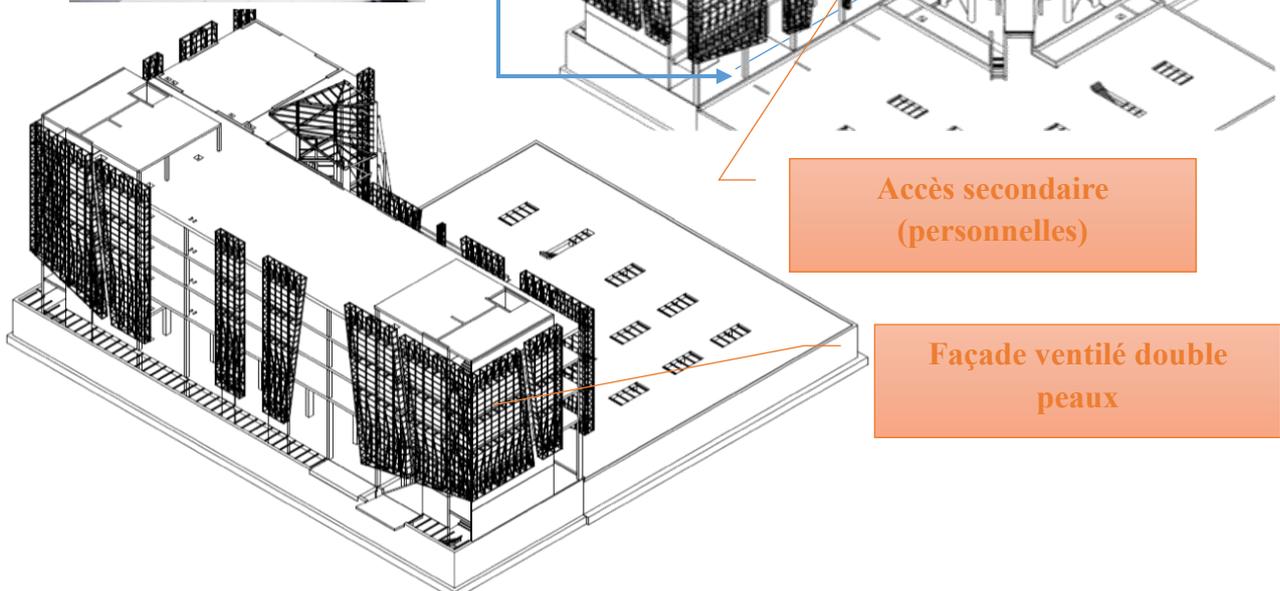
Figure 81: Installation de panneaux PV sur la serre du bâtiment TEC (archilovers.com)



L'entrées sous une grande serre à panneaux photovoltaïques de 320m² de surface (élément d'appel)

Escalier panoramique sur le vide Hall

Figure 84: Vue interieur et exterior de la serre du TEC (archilovers.com)



Accès secondaire (personnelles)

Façade ventilé double peaux

Figure 83: Axonométries 01 et 02 du bâtiment du TEC (archilovers.com)

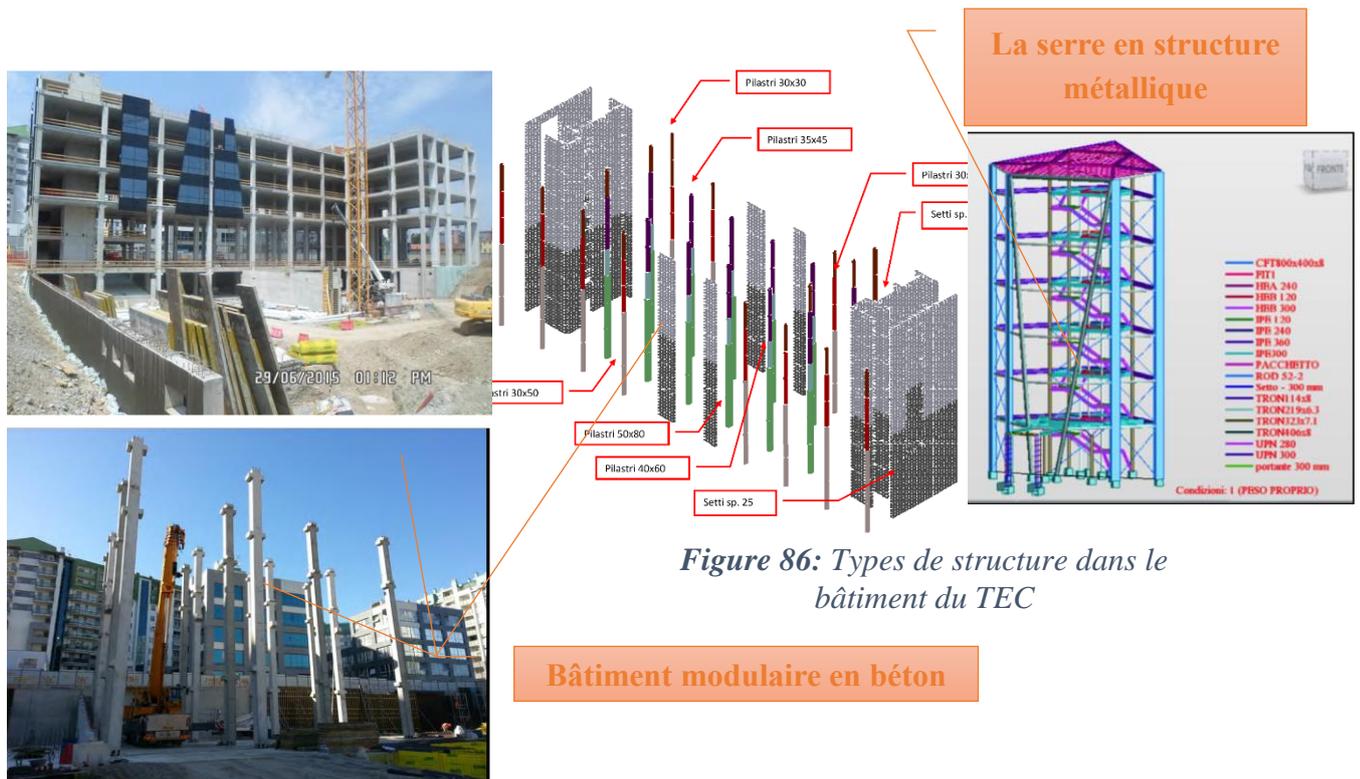


Figure 86: Types de structure dans le bâtiment du TEC

Figure 86: vue sur le chantier de construction du TEC c'est un bâtiment modulaire

C'est un bâtiment à consommation énergétique quasi nulle. Il consomme une très faible quantité d'énergie thermique (enveloppe haute isolation) et d'électricité (éclairage LED) et sera fourni par - connexion au chauffage urbain -TH panneaux pour produire de l'eau chaude -Panneaux PV pour produire de l'électricité -Équipement frigorifique à haute efficacité. Le bâtiment sera un bâtiment durable certifié selon la procédure de certification italienne ITACA

Synthèse de la section des stratégies énergétiques

L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

- Façade en verre cellulaire: Transmission thermique moyenne U_w égale à $1,50 \text{ W / m}^2\text{K}$.
- Montants et impostes de façade en verre : Transmission thermique moyenne U_w égale à $1,80 \text{ W / m}^2\text{K}$.
- Remplissage opaque : Transmission thermique moyenne U_w égale à $0,33 \text{ W / m}^2\text{K}$
- Finition de surface des surfaces opaques : en Alucobond avec bandes LED intégrées.

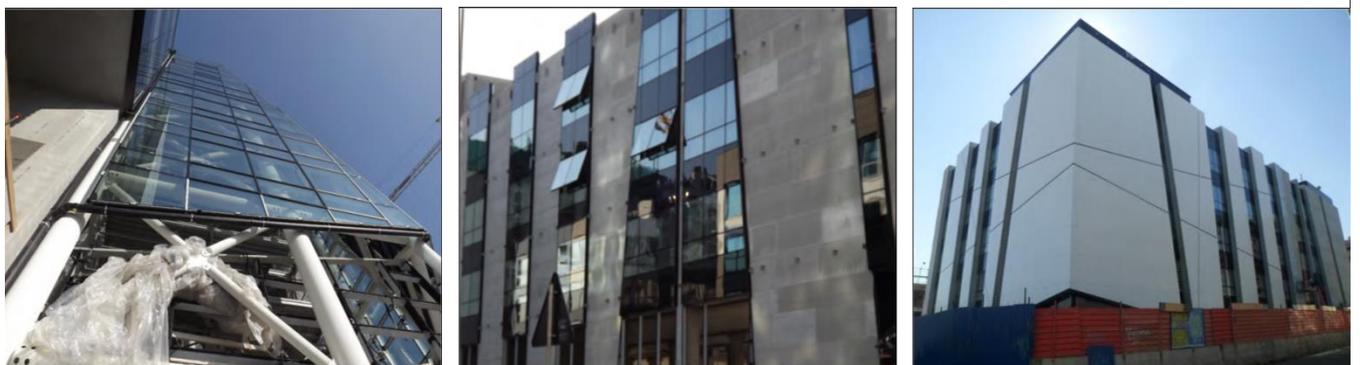


Figure 87: L'enveloppe du bâtiment du TEC (archilovers.com)

RESSOURCES RENOUEVABLES

- Utilisation des eaux souterraines pour la production thermique et de refroidissement
- L'énergie solaire pour la production d'électricité au moyen de panneaux photovoltaïques 2 puits d'admission et de retour puissance installée de pointe de 46 kWc; surface photovoltaïque installée: 320 m2.

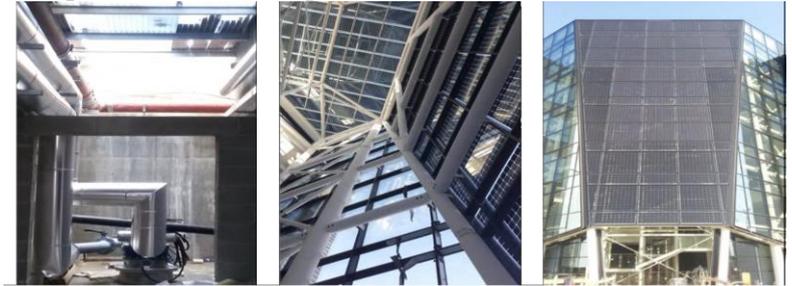


Figure 88: Les stratégies énergétiques passive du TEC

SYSTÈMES THERMOTECHNIQUES

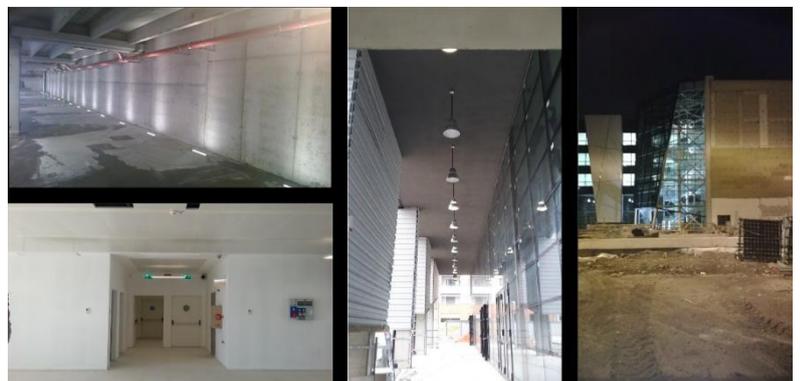
- Système de conditionnement d'air : système mixte haut confort, avec faux plafond rayonnant et air primaire
- Génération thermique : chauffage urbain, solaire thermique et groupe polyvalent
- Génération de réfrigération : groupes polyvalents et groupes d'absorption



Figure 89: Système énergétique hybride du TEC

ÉCLAIRAGE

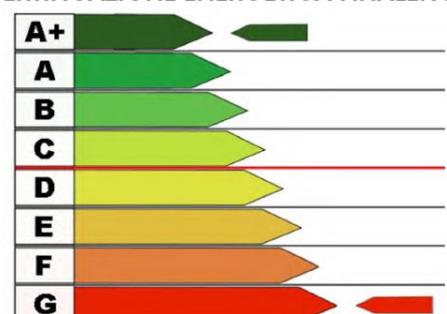
- Éclairage à faible consommation d'énergie entièrement avec la technologie LED



INDICATEUR DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

- Indice de performance énergétique pour le chauffage hivernal de l'enveloppe du bâtiment : $E_{p,i, invol} = 3,63 \text{ kWh} / \text{m}^3$
- Indice de performance énergétique pour le refroidissement estival de l'enveloppe du bâtiment : $E_{p,e, invol} = 5,79 \text{ kWh} / \text{m}^3$
- Systèmes photovoltaïques: puissance électrique installée 46,10 kW
- Couverture provenant de sources renouvelables: pourcentage de sources renouvelables : 45,3%.

CERTIFICAZIONE ENERGETICA FINALE: A+



5. Tableau récapitulatif de l'analyse des exemples en bref

| | | | | |
|------------------------------------|---|---|---|---|
| Projet | Naional renewable energy laboratory RSF et ESIF | Centre des technologies énergétiques durables, Ningbo, Chine | Advanced Energy Center, Stony Brook University | Turin energy center de l'architecte corrado franco |
| |  |  |  |  |
| Situation | Campus de recherches Site dégagé | Site universitaire | Site universitaire | Centre-ville |
| Fonction | Recherche et formation dans domaine d'énergie renouvelable et commercialisation | la diffusion de technologies durables | Formation et recherche des énergies renouvelable | Formation et recherche des énergies renouvelable |
| Etages | R+3 | R+4 | R+1 | R+5 |
| Accès | La séparation des accès | séparer | séparer | séparer |
| Forme | Éclaté | Compact | compact | compact |
| Façade | Utilisation de mur modulaire en béton préfabriqué et façade ventilé et vitrage électrocrome et thermocrome | mur-rideau structurel avec des profils en aluminium pré-peint et doubles vitrages | mur-rideau structurel avec des profils en aluminium pré-peint et triples vitrages | Utilisation de mur modulaire en béton préfabriqué et alucobande isolant acoustique |
| Les stratégies énergétiques | <ul style="list-style-type: none"> • Vitrage thermochrome orienté est • Capteurs solaires transpirés (non visibles) • Photovoltaïques • Vitrage électrochrome orienté ouest (non visible) | <ul style="list-style-type: none"> • Puits de lumière • Doubles vitrages • Capteurs solaires • Utilisation de l'énergie géothermique • stockage des eaux pluviales • pompe à chaleur réversible | <ul style="list-style-type: none"> • stockage des eaux pluviales • capteurs solaires • Utilisation d'énergie éolien • Ventilation naturel | <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation des cellules solaires photovoltaïques • Parking couvert avec des capteurs solaires • Pompes à chaleur |
| Plan | <ul style="list-style-type: none"> • Flexible • Extensible | <ul style="list-style-type: none"> • Flexible • Extensible | <ul style="list-style-type: none"> • Flexible • Extensible | <ul style="list-style-type: none"> • Flexible • Extensible |

6. Analyse du site :

6.1. Introduction :

L'élaboration d'un grand projet architectural nécessite au préalable une bonne connaissance du contexte dans lequel il s'inscrit, de ces composantes naturelles (climatique et géotechniques, de ces composantes physiques et géomorphologiques, les équipements d'envergure, l'état du bâti et aussi les orientations effectuées dans le même cadre

6.2. Présentation de la ville :

La porte du désert, la capitale des Zibans, la wilaya de Biskra est située au Sud-est de l'Algérie, dans la partie Est du Sahara septentrional, elle constitue la transition entre les domaines Atlasiques plissés du nord et les étendues plates et désertiques du sud.

Figure 90: situation géographique de la région de Biskra



6.3. Situation géographique :

La région de Biskra (Figure 9) est située au Sud-Est algérien. Elle s'étend sur une surface de 22.379, 95 km² et dont la ville de Biskra se trouve à une altitude moyenne de 124 m. Sa latitude est comprise entre 34°39' et 35° 24' (N.) et sa longitude entre 4°99' et 6°79' (E.) (A.N.A.T, 2003).

6.4. Relief :

La wilaya de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. On passe d'un relief assez élevé et accidenté au nord à une topographie de plateau légèrement inclinée vers le Sud. Le relief de la wilaya de Biskra est constitué de quatre grands ensembles géomorphologiques

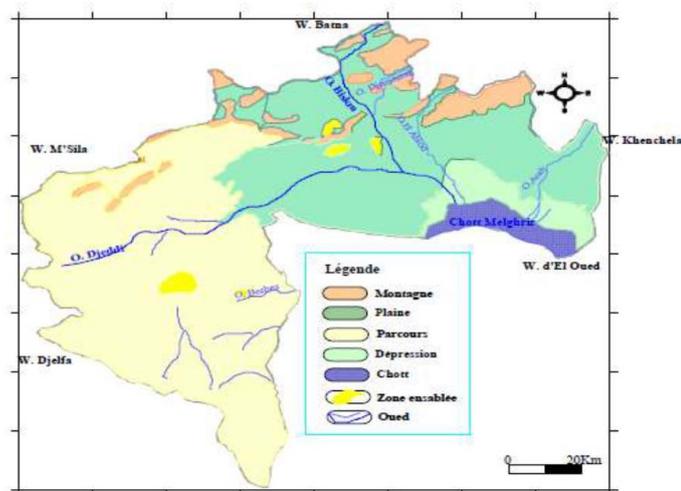


Figure 91: Carte du milieu physique de la wilaya de Biskra

- **Les montagnes :** Situées au Nord de la wilaya, elles sont généralement dénudées de toute végétation naturelle, le point culminant est Djebel Taktiout d'une altitude de 1924 m.
- **Les plateaux :** Localisés en grande partie à l'Ouest de la wilaya, ils s'étendent sur une superficie de 1210848 hectares (soit 56% de l'étendue de la wilaya). la végétation des plateaux maigre constitue des sites privilégiés de parcours.
- **Les plaines :** Occupant la partie centrale de la wilaya de Biskra, et couvrent la quasi-totalité des Daïra d'El-Outaya et Sidi-Okba, et la commune de Doucen.
- **Les dépressions :** situées au Sud-Est de la wilaya, elles constituent une assiette où se forment des nappes d'eau très minces constituant ainsi les chotts dont le plus important est le chott Melghir dont le niveau peut atteindre -33m au-dessous de celui de la mer.

6.5. Climatologie :

Le climat de Biskra est un climat saharien, sec en été et très agréable en hiver. La pluviométrie est en moyenne entre 120 et 150 mm/an. La Température moyenne sur toute l'année est de 20,9 °C. (FERFACHE Imene 2014)

7. Choix de la zone d'intervention :

7.1. Situation :

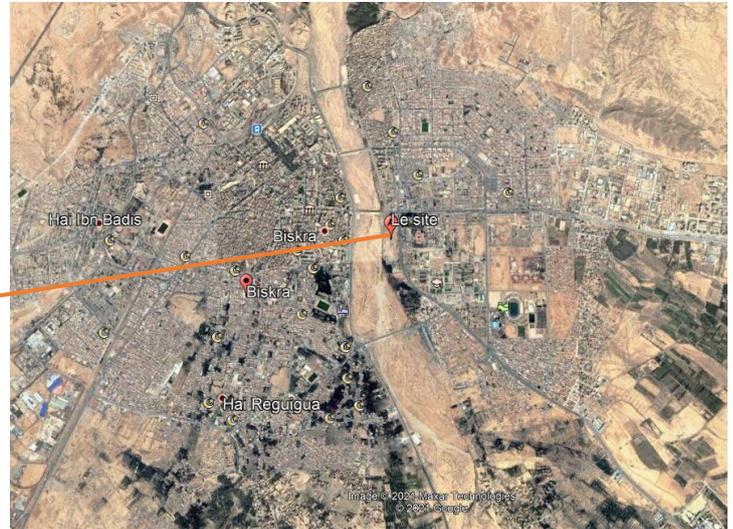


Figure 92: Image Google Earth du site d'intervention (source auteure)

Milieu diffus à faible concentration urbaine.



- Quelques risques d'impacts sur le voisinage.
- Nuisances générales faibles.

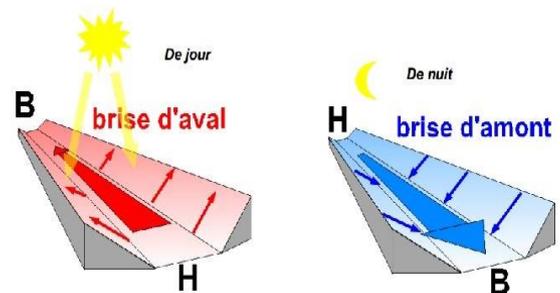
7.2. Délimitation et accessibilité :

Le terrain s'inscrit sur la rive Est du Oued Sidi Zarzour à El Alia, alinier à la route national N°3, le Nord-Ouest de l'université de Mohamed Khider.

7.3. La brise de terre ou brise de vallée

Dans Oued de sidi Zarzour il y a un phénomène qui s'appelle brise de terre ou brise de vallée

Les pentes d'une vallée sont plus exposées au Soleil et donc plus réchauffées que le fond de la vallée. Cet air chaud (du rouge au bleu) s'élève et crée une zone de basse pression. L'air du fond de la vallée y est donc attiré. Il remonte les pentes : c'est la brise de vallée. En b, la nuit, l'air des pentes se refroidit plus vite que celui du fond de la vallée. L'air froid (en bleu) redescend dans la vallée, créant souvent de la brume ou du brouillard.



Les brises de vallée impliquent tout le volume de la vallée :
 - temps d'établissement quelques heures.
 - pour les brises de pente : quelques minutes

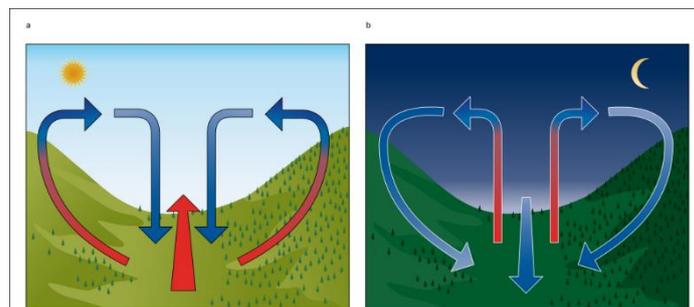




Figure 93: Position urbaine du site (entourage) (source auteure)

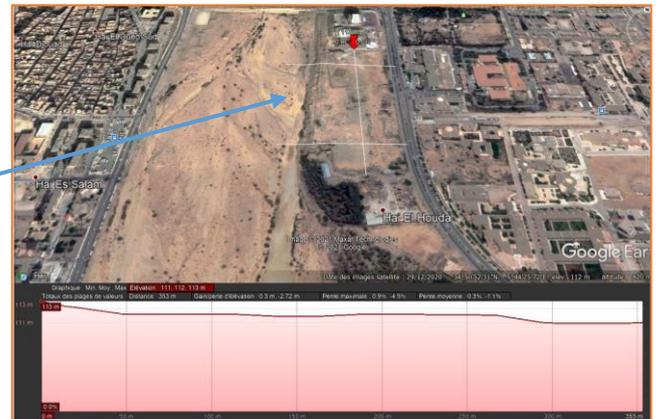
7.4. Morphologie du terrain :

Le dénivelé du terrain

1- Coupe longitudinale
Le terrain à très faible pente.

Figure 94: Coupe longitudinale Google Earth dans le site

(Source auteure)



2- Coupe transversale
- Le terrain à très faible pente.
- Grand chute sur l'oued.

Figure 95: Coupe transversale Google Earth dans le site

(Source auteure)

8. Etude des données climatiques du site:

Une écoconception plus performante énergétiquement repose sur la bonne exploitation des facteurs climatiques en amont du processus conceptuel et ceci par le biais d'une analyse des données météorologiques à travers le logiciel climate consultant ainsi que Autodesk Ecotect 2011.

Afin de tracer en préalable les stratégies à envisager pour une large passivité des projets tout en usant des énergies renouvelables telles que les sources solaires, éoliennes ou terrestres ; ou la possibilité de stratégies de purge nocturne ou de ventilation naturelle.

Les données climatiques sont tirées de la page <http://climate.onebuilding.org/> et correspondent aux années de 2004 à 2018 (14 ans), ceux-ci sont discutés dans ce qui suit:

Les paramètres climatiques de la zone d'étude sont :

- Résumé des données météorologiques
- Rayonnement horizontal global
- Rayonnement normal direct
- Rayonnement de diffusion
- Éclairage horizontal global
- Éclairage normal direct
- Température de l'ampoule sèche
- Température du point de rosée
- Humidité relative
- Direction du vent
- Vitesse du vent
- Température au sol

Voir définition des paramètres dans et leurs significations graphiques dans l'aide de l'application climate consultant 6.0

8.1. Présentation des applications de simulation

a) Analyse Autodesk Ecotect :

C'est un outil d'analyse environnementale qui permet aux concepteurs de simuler les performances des bâtiments dès les premières étapes de la conception conceptuelle. Il combine des fonctions d'analyse avec un affichage interactif qui présente les résultats analytiques directement dans le contexte du modèle de construction.

ECOTECT est un outil complet de conception de bâtiments et d'analyse environnementale qui couvre toute la gamme des fonctions de simulation et d'analyse nécessaires pour vraiment comprendre comment une conception de bâtiment fonctionnera. Il permet enfin aux concepteurs de travailler facilement en 3D et d'appliquer tous les outils nécessaires à un avenir économe en énergie et durable.



Figure 96: Vue sur l'interface du logiciel Ecotect

b) Climat Consultant 6.0 :

Un logiciel puissant et facile à utiliser qui fournit des données détaillées et précises sur le climat local qui peuvent être utilisées pour visualiser les modèles et les attributs du climat relatif à la conception et l'exploitation des bâtiments.

Les caractéristiques de logiciel :

- Plus facile à identifier des modèles uniques et des détails subtils que Caractériser chaque climat.
- Les Seuils et les zones de confort sont plus souples. (modifiables)
- Contrairement à autre « Weather Tools » y a des informations techniques détaillées sur les critères des stratégies passives.
- Il se base sur des fichiers « Weather Data » en format (.epw) sortant de logiciel « métronome 7 » de la région sélectionner.

Il se base sur les méthodes suivantes : les définitions de confort

- ASHRAE STANDARD 55 and current handbook of fundamentals model
- ASHRAE handbook of fundamentals comfort model up through 2005
- Adaptive comfort model in ASHRAE standard 55-2010
- California energy code comfort model ,2013.

8.2. Méthodologie et application :

- Les données météorologiques au format de fichier EPW (Energy Plus Weather) peuvent être téléchargées à partir du site EnergyPlus du Département américain de l'énergie tout en exécutant Climate Consultant. Les données du projet sont automatiquement enregistrées dans un fichier à la sortie de Climate Consultant Vous pouvez sélectionner l'une des quatre définitions de confort cité précédemment. Chacun a son propre écran Critères et modifie la façon dont le confort est affiché sur le tableau psychrométrique et d'autres graphiques.

- Il permet de créer des tracés personnalisés des données EPW d'origine et / ou des statistiques calculées par Climate Consultant. En fonction des données climatiques et de l'ensemble des stratégies de conception passive sélectionnées sur la carte psychrométrique, le consultant en climat produira une liste de lignes directrices de conception. De nombreuses lignes directrices contiennent des liens vers la palette 2030 (2030palette.org) pour des exemples et des informations à l'appui à la conception.
- Les diagramme d'ombrage du soleil vous permettent de cliquer et de faire glisser les masques d'ombrage pour les ailettes et les surplombs et de saisir des données sur des objets (arbres, bâtiments, cheminées) qui ombragent les fenêtres ou les capteurs solaires. Le nombre d'heures non ombragées où l'ombrage est nécessaire, le gain solaire est nécessaire et lorsque le gain solaire n'est pas utile, tel que modifié par l'ombrage des objets distants, des ailettes et des surplombs est calculé et affiché.

Le Mode:

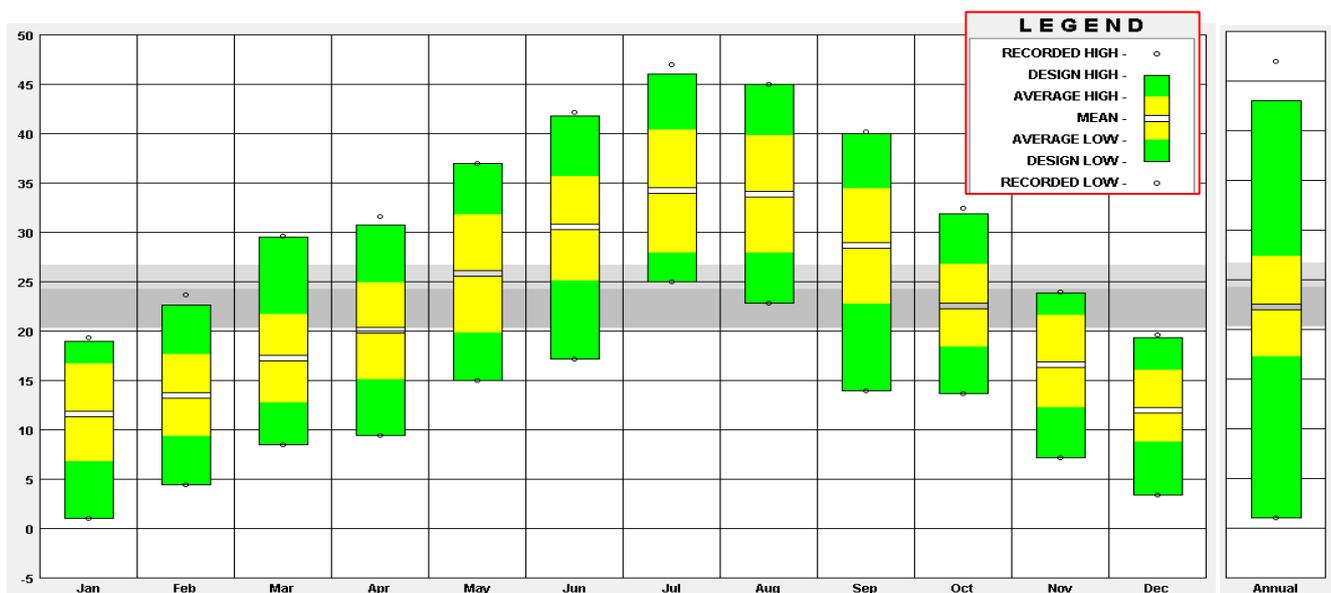
ASHRAE STANDARD 55:

- Pour le cas de Biskra on a choisi le modèle le plus utilisé : ASHRAE STANDARD 55 and current handbook of fundamentals model
- Le confort thermique est basé sur la température sèche, le niveau de l'habillement (clo), l'activité métabolique (MET), vitesse de l'air, l'humidité et la température radiante moyenne intérieure, il est supposé que la température radiante moyenne est proche de la température du thermomètre sec. La zone dans laquelle la plupart des gens sont à l'aise est calculée en utilisant le modèle (Vote moyenne prévisible) PMV.
- Dans les milieux résidentiels les personnes adaptent les vêtements pour correspondre à la saison dans les vitesses d'air sont plus élevés et ont donc plus large éventail de confort que dans les bâtiments avec des systèmes de HVAC.

8.3. Interprétation des résultats

Graphe 01 : Écart de température :

Il s'agit du plus simple de tous les graphiques et montre les plages de températures de **bulbe sec**



*Figure 97: Graphe 01 des plages de températures à Biskra de 2004-2018
L'analyse est faite sur le logiciel « climate consultant 6 » en utilisant les données climatiques présentées <http://climate.onebuilding.org/>
(Source auteure)*

COMFORT ZONE
SUMMER
WINTER
 (At 50% Relative Humidity)

Le graphique montre que à Biskra:

La température élevée et basse : la température annuelle (2004-2018) la plus basse enregistré est 1°C et la plus haute est de 47°C.

La température de conception: la température annuelle de conception (2004-2018) la plus basse enregistré est 1°C et la température de conception la plus haute est de 43°C (climat tempéré).

La température moyenne: la température moyenne annuelle (2004-2018) la plus basse est 17,33°C et la moyenne haute est de 27,33°C.

Température moyenne : la température annuelle (2004-2018) moyenne 22,5°C. La plage grise claire dans le graphe (01) ci-dessous indique la plage de confort d'été, tandis que la plage grise foncé indique la plage de confort d'hiver.

Graphe 02 : Température au sol (moyenne mensuelle)

La température moyenne mensuelle du sol à différentes profondeurs est indiquée sur la carte de la température du sol. La profondeur est exprimée en pieds (ou en mètres) et les températures sont exprimées en degrés C. Ces données sont utiles pour l'utilisation du chauffage et le refroidissement géothermique, et les bâtiments enterrés ou semi-enterrés.

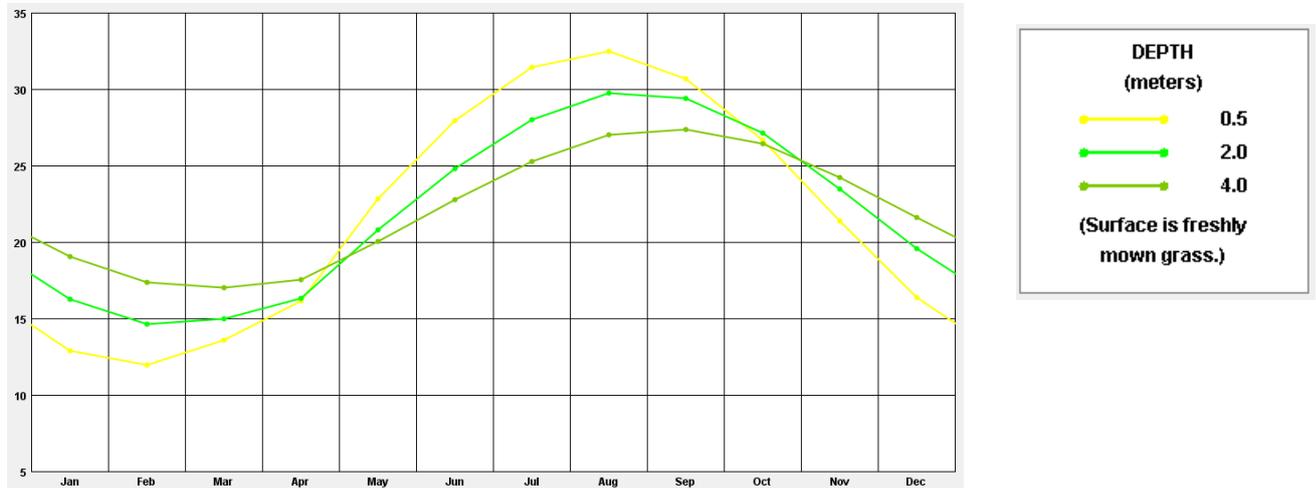


Figure 98: Graphe 02 des températures du sol selon la profondeur à Biskra de 2004-2018. L'analyse est faite sur le logiciel « climate consultant 6 » en utilisant les données climatiques présentées <http://climate.onebuilding.org/> (Source : auteure)

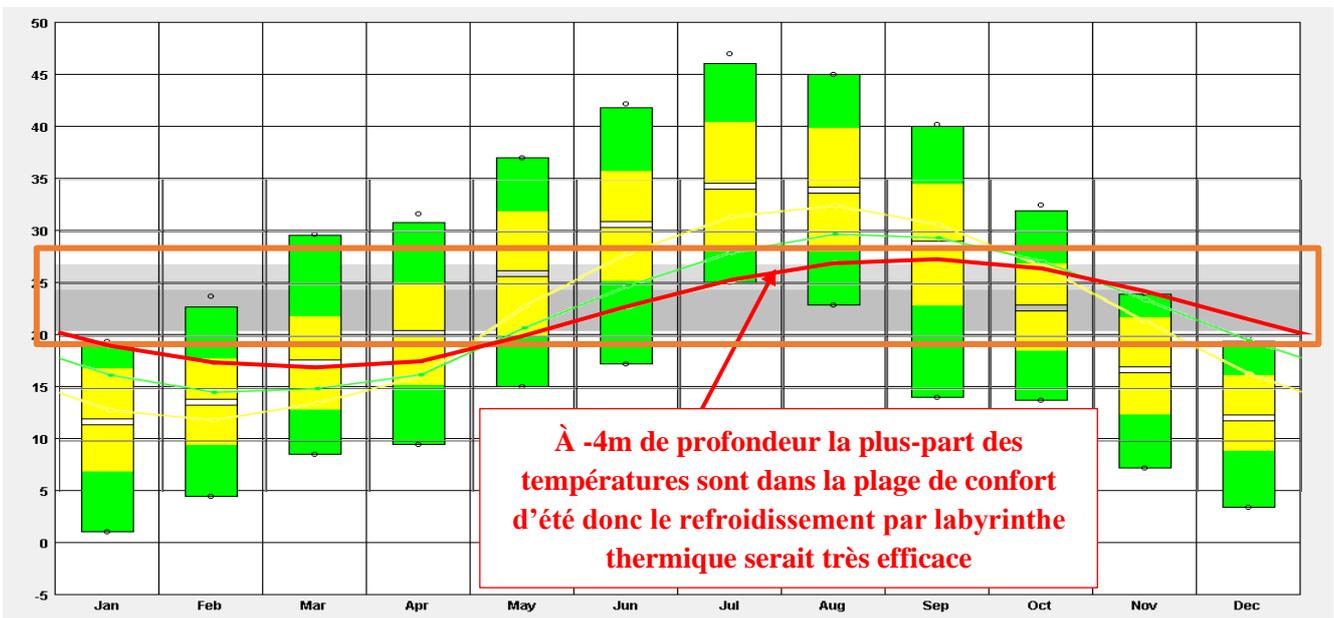


Figure 99: Graphe 03: La superposition des deux graphes 01 et 02 (Source : auteure)

Graphique 03 : des données moyennes diurnes :

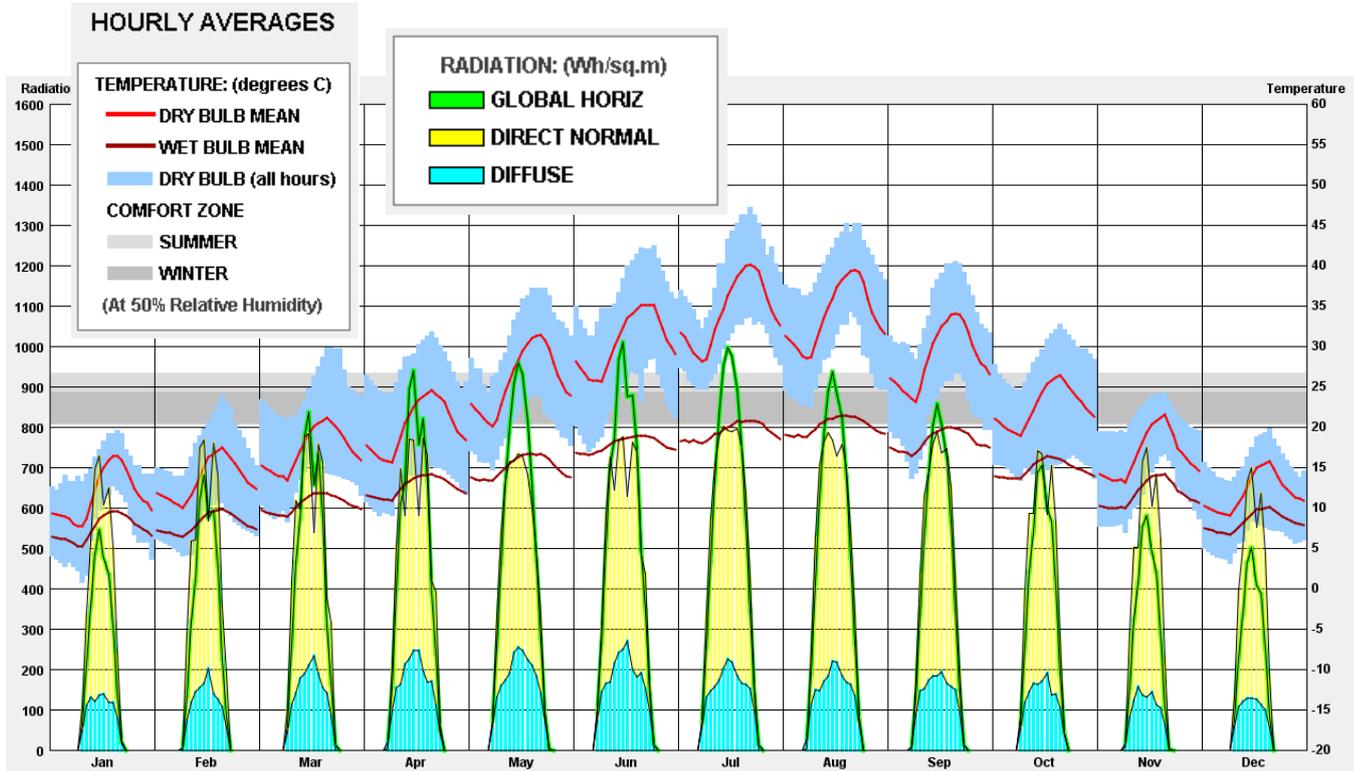


Figure 100: Graphe 04 des données moyennes diurnes (24 heures) pour chaque heure de chaque mois pour la température moyenne de l'ampoule sèche (courbe rouge supérieure) et la température moyenne de l'ampoule humide (courbe rouge inférieure) par rapport à une barre grise qui représente la plage de confort. (Source auteure)

Graphique 04 : La plage de rayonnement :

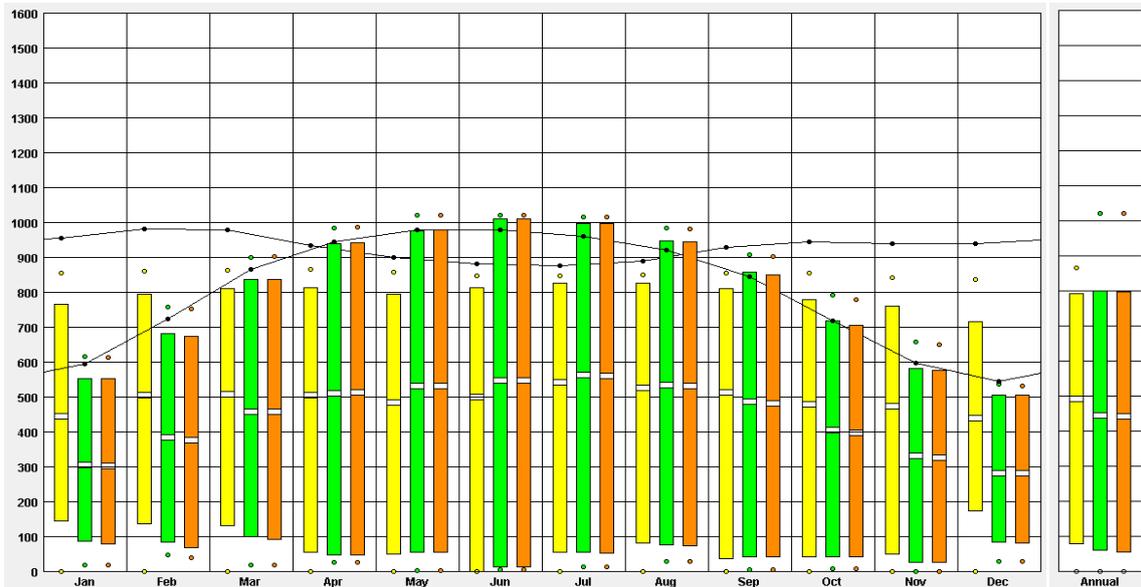


Figure 101: Graphe 05: Graphique des données de rayonnement moyennes horaires pour chaque jour du mois, indiquant le jour le plus élevé du mois, le jour le plus bas et le jour moyen ou moyen du mois. Les unités sont dans Btu/sq.ft. ou Wh/sq.m. (Source auteure)

Ces données nous permettent de prendre les décisions sur l'utilisation des panneaux solaires photovoltaïques et leur orientation ainsi que les gains solaire et énergétique et rendement.

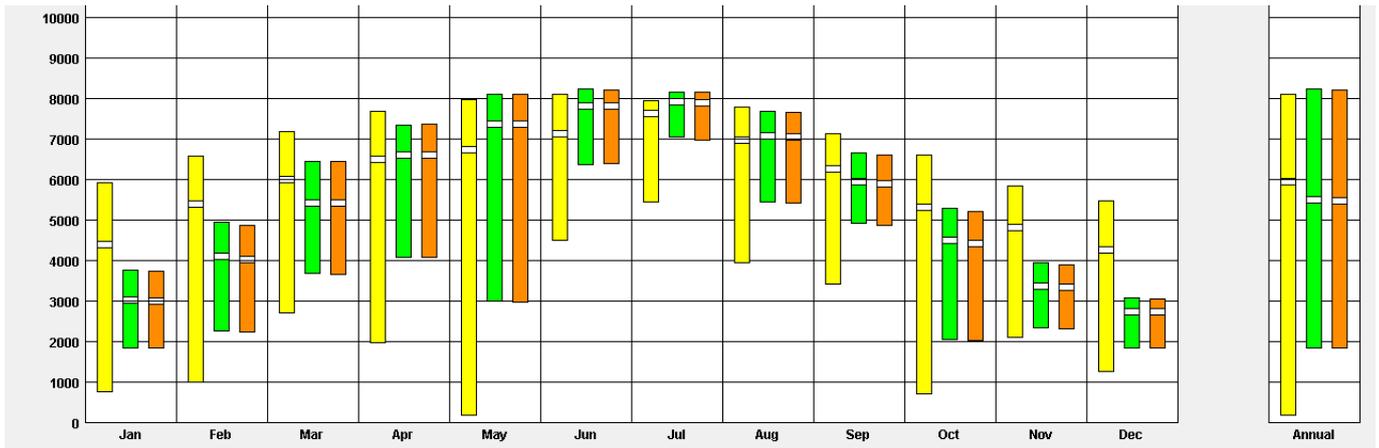


Figure 102: Graphe 06 des données de rayonnement total quotidien est le rayonnement total pour chaque jour du mois. Les unités sont dans Btu/sq.ft. ou Wh/sq.m. (Source auteure)

Le rayonnement total quotidien est le rayonnement total pour chaque jour du mois, indiquant le jour le plus élevé du mois, le jour le plus bas et le jour moyen ou moyen du mois. Les unités sont en Btu/sq.ft. ou Wh/m².

D'après le diagramme analysé :

- La Radiation Normal direct journalière maximale est de 7628 wh/m², en Juillet et la minimale est de 4256 wh/m² en Décembre, et la moyenne annuelle maximal 7200 wh/m² et la minimale annuelle moyenne 300 wh/m².
- Radiation Horizontal global journalière maximale est de 7917 wh/m², en Juillet et la minimale est de 2741 wh/m² en Décembre, et la moyenne annuelle maximal 7300 wh/m² et la minimale annuelle moyenne 1800 wh/m².
- Le Rayonnement de surface inclinée global journalière maximale est de 8300 wh/m², en Juillet et la minimale est de 1800 wh/m² en Décembre, et la moyenne annuelle maximal 7300 wh/m² et la minimale annuelle moyenne 1800 wh/m².
- L'analyse encourage l'utilisation des p.p.v et capteurs solaires d'eau chaude de sanitaires à Biskra.

Graphique 05 : La plage d'éclairage :

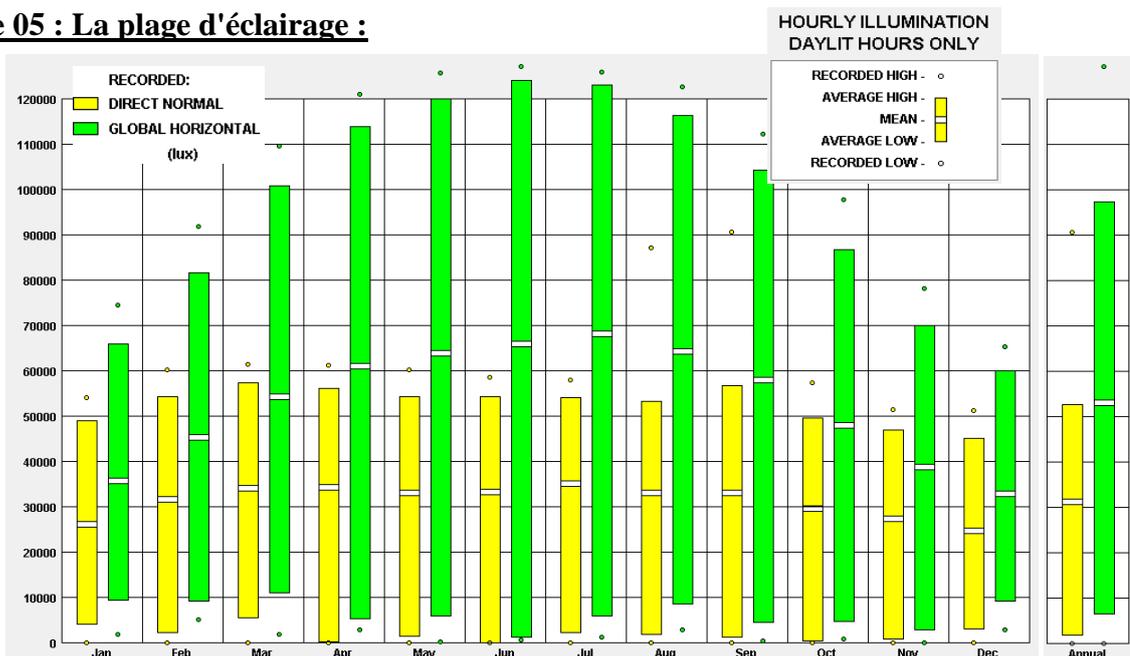


Figure 103: Graphe 07: Graphique des Plages d'éclairages

Ces données permettent de prendre les décision d’implantation de PPV, et la puissance de la lumière naturelle dans le projet, ici l’analyse encourage l’utilisation des p.p.v à Biskra.

Graphique 06 : La plage de couverture du ciel :

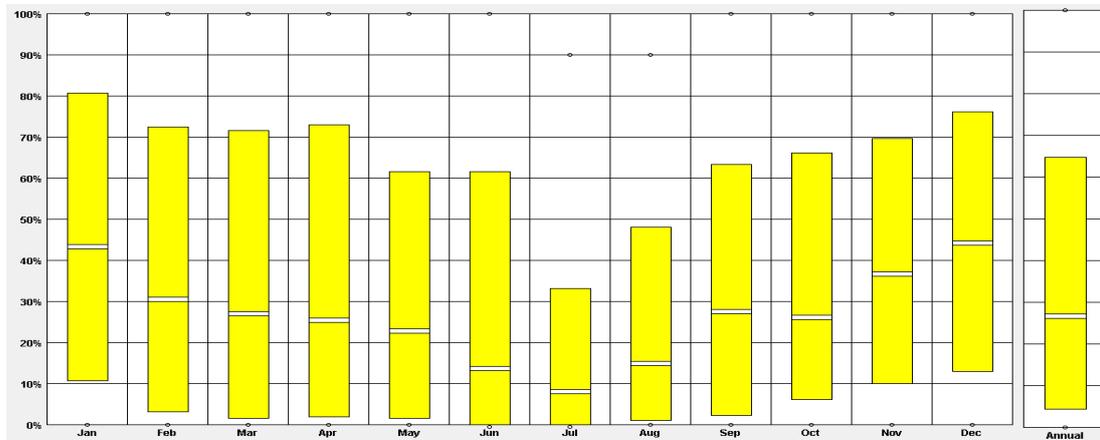


Figure 104: Graphe 08 montre Le taux de la couverture nuageuse (%) à Biskra de 2004-2018 (Source: Auteur)

La détermination du type de ciel dominant durant toute l’année à Biskra permettra de caractériser le climat de la ville de manière générale ainsi que le gisement solaire et l’éclairement lumineux, ce qui est l’un des objectifs principaux de cette recherche. Cette détermination se fait par le calcul de la couverture nuageuse qui représente la quantité des nuages dans une région donnée pendant la journée, ce taux est exprimé en pourcentage (%). La variation de cette couverture de 0 à 100% détermine le type de ciel : 0% indique un ciel clair, 100% un ciel couvert et entre 10 et 70% le ciel est intermédiaire.

Le tableau précédent indique que le taux de la couverture nuageuse à BISKRA au cours de toute l’année est compris entre 5% et 65%, avec une moyenne de 27%. Donc, nous concluons que dans une moyenne de 14 ans, le type de ciel qui domine dans la ville de Biskra est intermédiaire, proche du clair.

Ces données permettent de prendre les décision d’implantation de PPV et d’estimer leur rentabilité.

Graphique 07 : Vitesse du vent

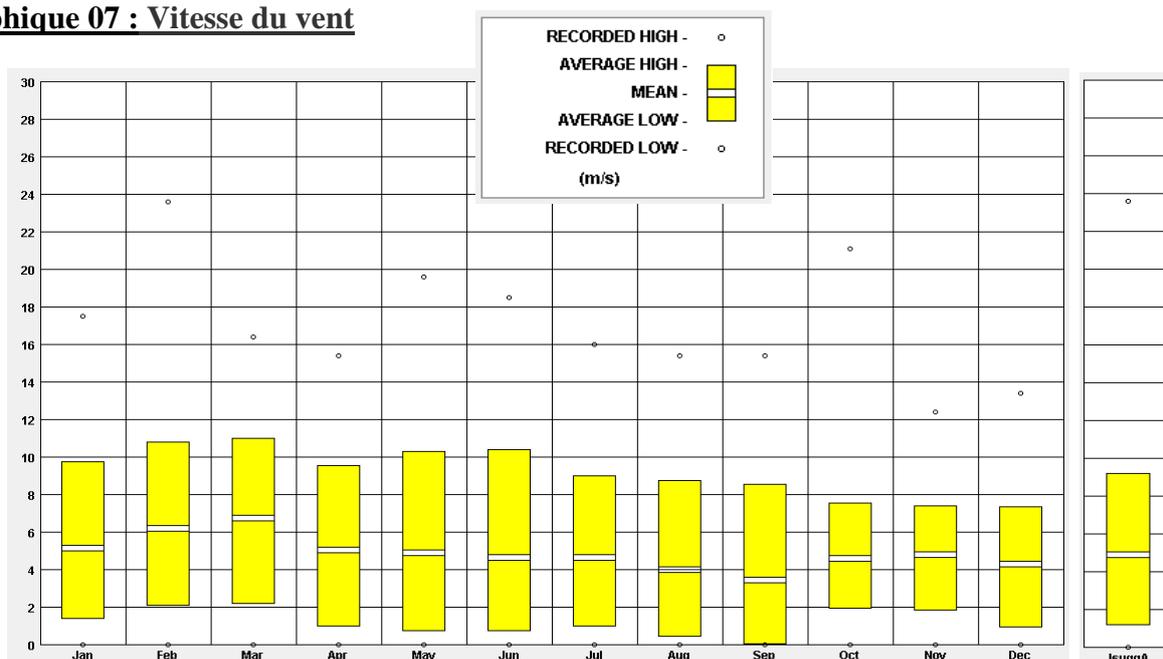
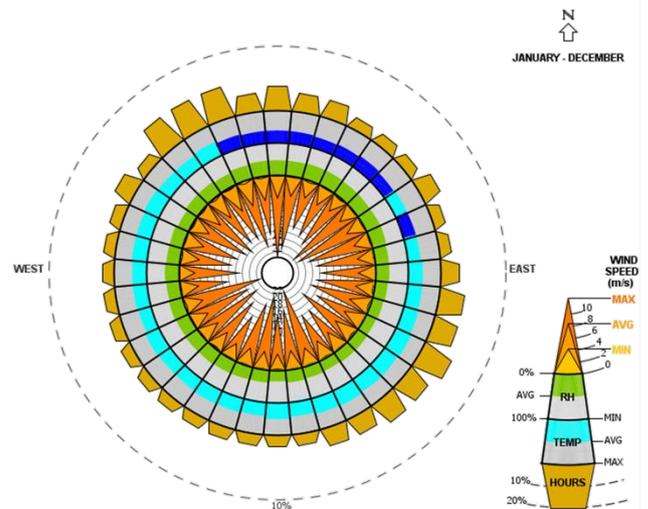


Figure 105: Graphe 09: Ce graphique montre la vitesse du vent en mètres par seconde (mps) pour chaque mois et pour l’année complète à Biskra de 2004-2018 (Source: Auteur)

L'étude des vents est essentielle pour la ventilation du bâtiment et pour définir les types de éoliennes et leur puissance adapté à la région, ici on utilisera des éoliennes urbaines a axe vertical de puissance moyenne parce que les vents sont inferieure à 15m/s.

Figure 106: La Roze des vents de Biskra avec Climate consultant (Source auteure)



Graphique 08 : Graphique d'Ombrage Solaire

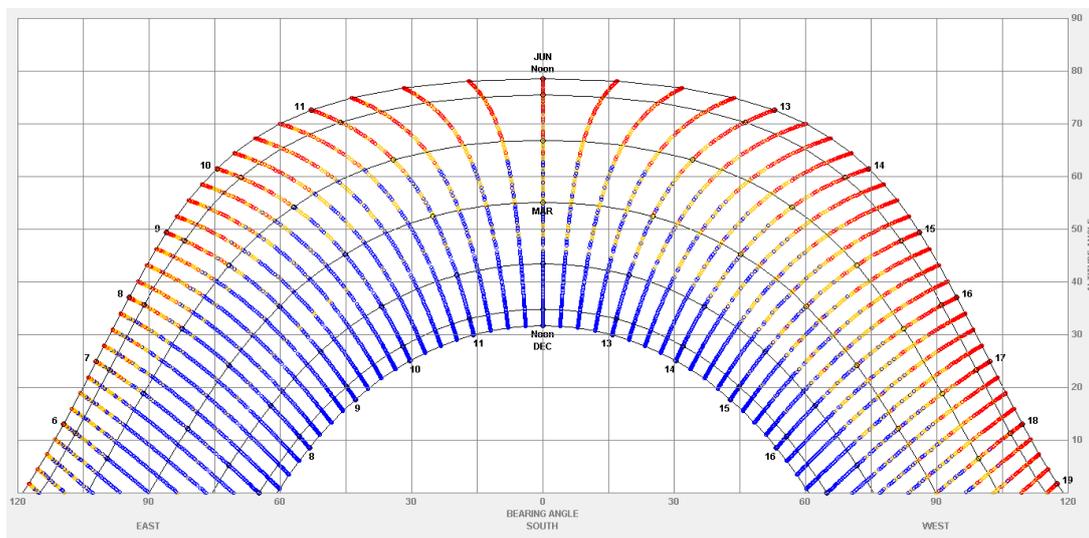


Figure 107: Graphe 10.a Tracé de course solaire l'hiver et de printemps (21 décembre au 21 juin) (Source: Auteur)

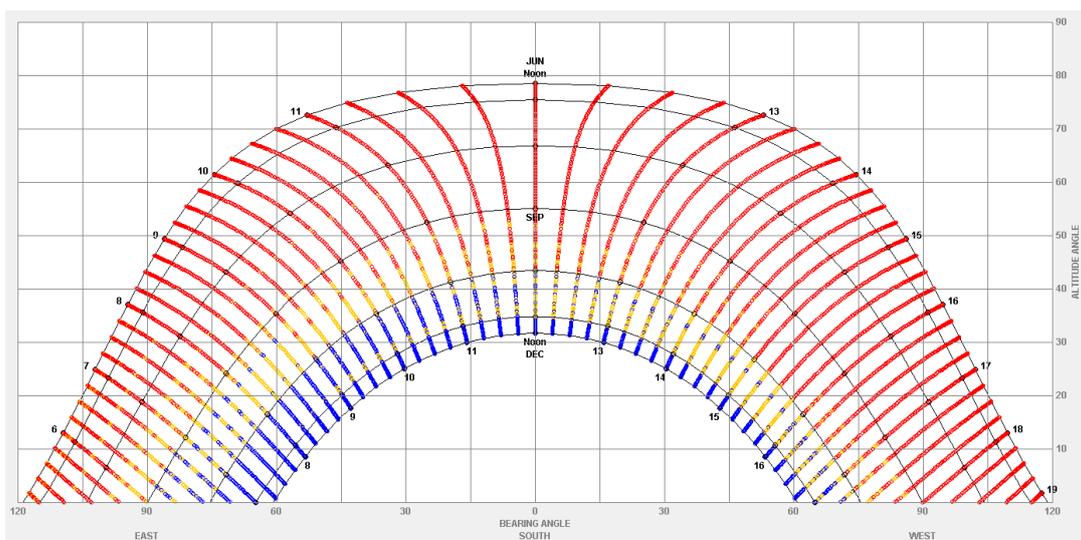


Figure 108: Graphe 10.b Tracé de course solaire pour l'été et l'automne (21 juin au 21 décembre). Le passage entre les deux graphes va montrer que l'été et l'automne ont beaucoup plus d'heures de surchauffe. (Source: Auteur)

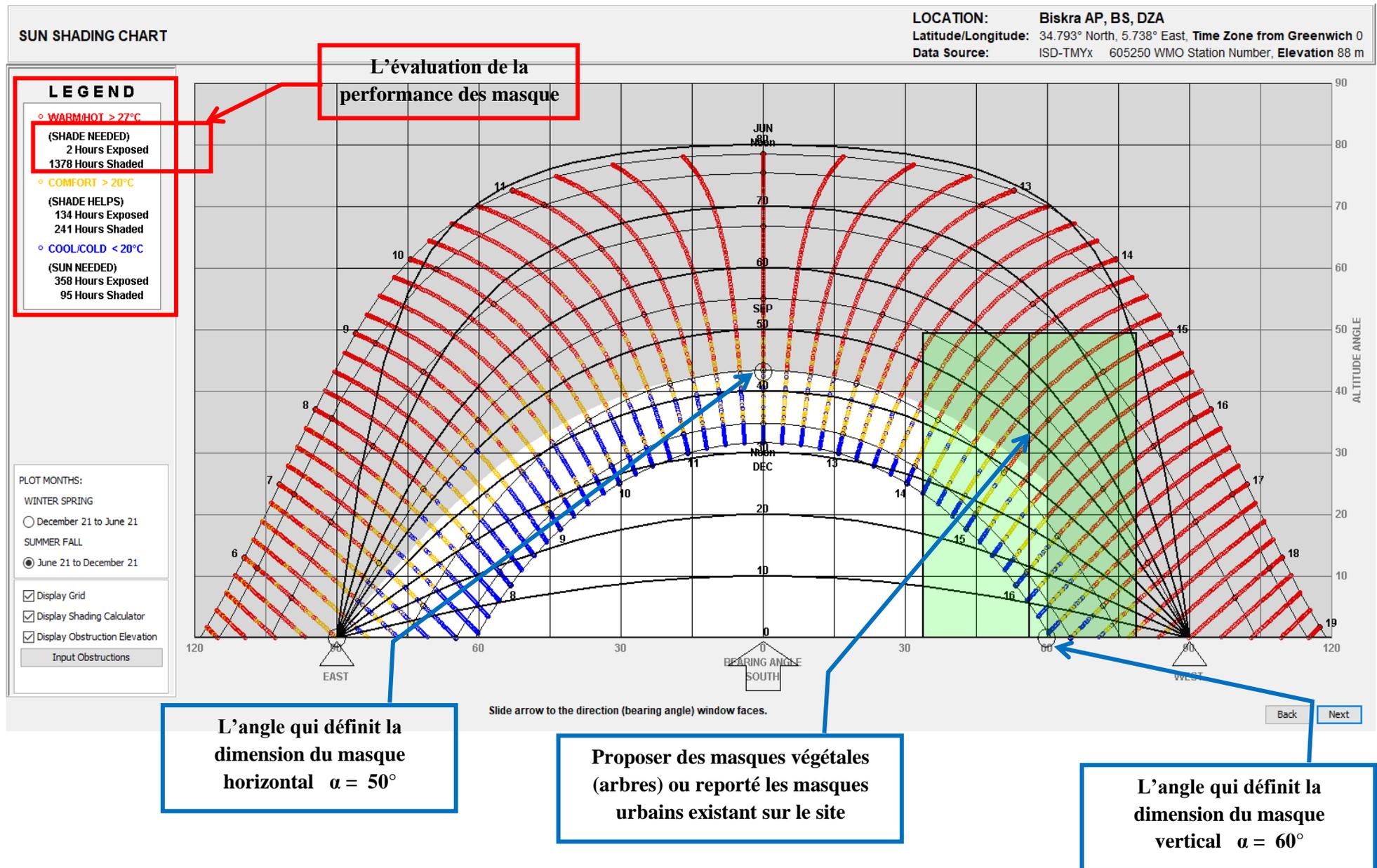


Figure 109: L'activation du calculatrice d'ombrage et de masque solaire (Source auteure)

Graphique 09 : Les Critères de stratégie de conception :

Ces critères définissent la zone de confort et les zones des stratégies de conceptions sur la **carte psychrométrique** et sur d'autres écrans dans Climate Consultant. Cet écran est différent pour chaque modèle de confort sélectionné sur l'écran précédent.

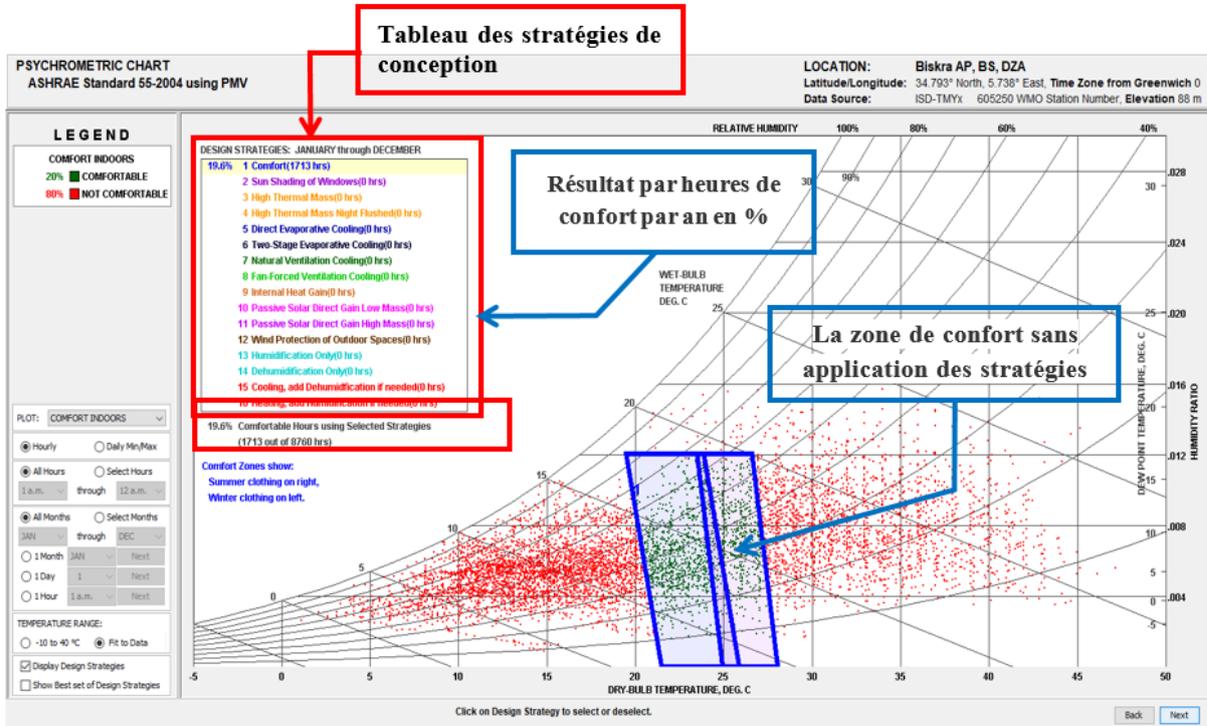


Figure 110: Graphe 11 Tracé psychrométrique des données climatologiques EPW de Biskra (2004 – 2018) sont représentées par Climate Consultant 6.0. (Source Auteur)

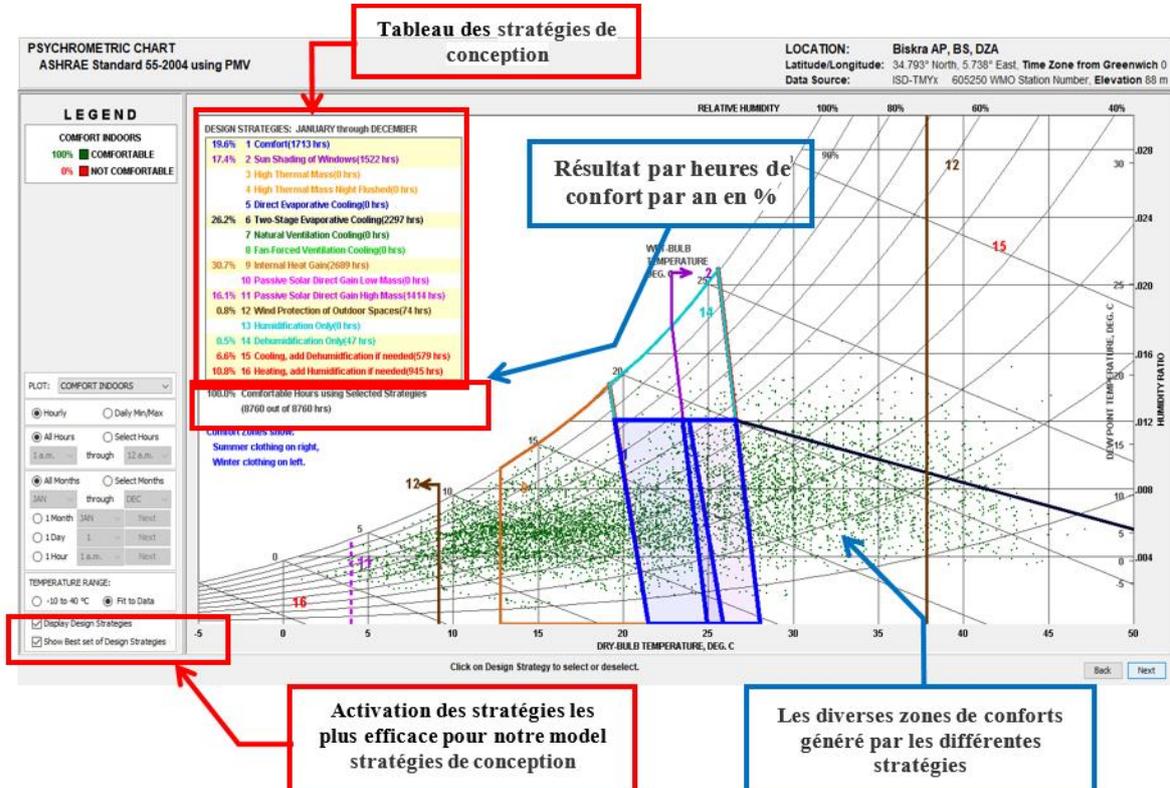


Figure 111 : Graphe 01 : Tracé de Graphique psychrométrique des données climatologiques EPW (2004 – 2018) de Biskra avec l'application des stratégies optimal pour le confort sont représentées par Climate Consultant 6.0. (Source Auteur)

Fenêtre des Directives de conception :

À la fin de la simulation l'écran Lignes directrices de conception affiche une liste de suggestions, spécifiques à ce climat particulier et à un ensemble sélectionné de stratégies de conception, pour guider la conception de bâtiments. Il y a environ 65 lignes directrices dans la liste totale et l'algorithme de sélection est défini en détail dans un article de la Bibliographie (Milne-Liggett).

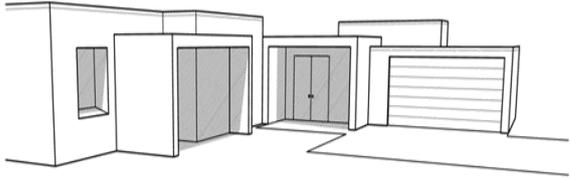
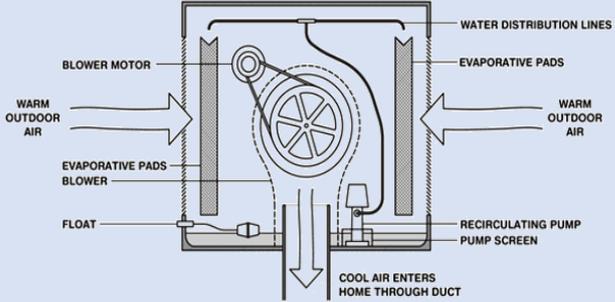
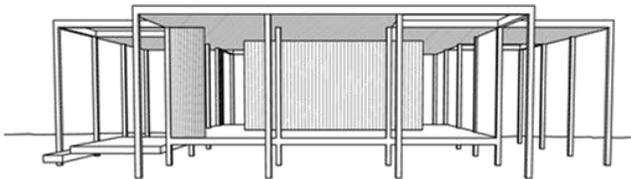
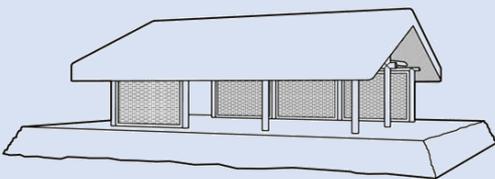
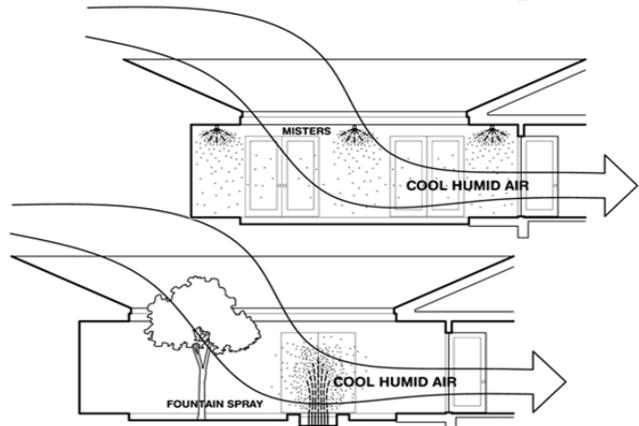
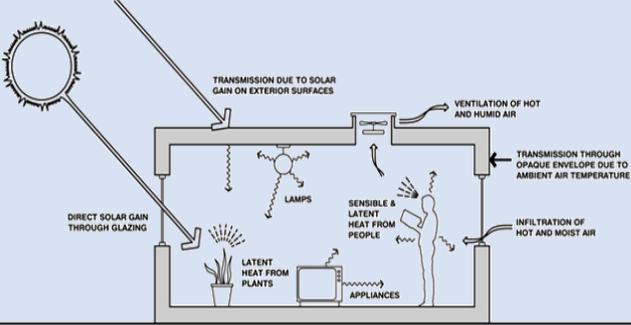
| DESIGN GUIDELINES (for the Full Year) ASHRAE Standard 55-2004 using PMV User Modified Design Strategies, User Modified Criteria | |
|---|---|
| Assuming only the Design Strategies that were selected on the Psychrometric Chart, 82.6% of the hours will be Comfortable. This list of Non-Residential Design guidelines applies specifically to this particular climate, starting with the most important first. Click on (see Help). | |
| 45 | Flat roofs work well in hot dry climates (especially if light colored)  |
| 50 | In hot, dry climates an Evaporative Cooler can provide enough cooling capacity (if water is available and humidity is low) thus reducing or even eliminating air conditioning |
| 58 | This is one of the more comfortable climates, so shade to prevent overheating, open to breezes in summer, and use passive solar gain in winter  |
| 62 | Climate responsive buildings in temperate climates used light weight construction with slab on grade and operable walls and shaded outdoor spaces |
| 29 | Humidify hot dry air before it enters the building from enclosed outdoor spaces with spray-like fountains, misters, wet pavement, or cooling towers  |
| 11 | Heat gain from lights, occupants, and equipment greatly reduces heating needs so keep building tight, well insulated (to lower Balance Point temperature) |
| 37 | Window overhangs (designed for this latitude) or operable sunshades (awnings that extend in summer) can reduce or eliminate air conditioning  |
| 47 | Use open plan interiors to promote natural cross ventilation, or use louvered doors, or instead use jump ducts if privacy is required  |
| 66 | Climate responsive buildings in hot windy dry climates used enclosed well shaded courtyards, with a small fountain to provide wind-protected microclimates |
| 35 | Good natural ventilation can reduce or eliminate air conditioning in warm weather, if windows are well shaded and oriented to prevailing breezes  |
| 60 | Earth sheltering, occupied basements, or earth tubes reduce heat loads in very hot dry climates because the earth stays near average annual temperature  |
| 19 | For passive solar heating face most of the glass area south to maximize winter sun exposure, and design overhangs to fully shade in summer  |
| 42 | On hot days ceiling fans or indoor air motion can make it seem cooler by 5 degrees F (2.8C) or more, thus less air conditioning is needed |
| 43 | Use light colored building materials and cool roofs (with high emissivity) to minimize conducted heat gain  |
| 20 | Provide double pane high performance glazing (Low-E) on west, north, and east, but clear on south for maximum passive solar gain  |
| 32 | Minimize or eliminate west facing glazing to reduce summer and fall afternoon heat gain  |
| 54 | Provide enough north glazing to balance daylighting (about 5% of floor area)  |
| 41 | The best high mass walls use exterior insulation (like EIFS foam) and expose the mass on the interior or add plaster or direct contact drywall |
| 31 | Organize floorplan so winter sun penetrates into daytime use spaces with specific functions that coincide with solar orientation  |
| 8 | Sunny wind-protected outdoor spaces can extend occupied areas in cool weather (enclosed patios, courtyards or verandas)  |

Figure 112: Fenêtre des Directives de conception si vous cliquez sur une ligne directrice avec un logo Palette 2030, vous serez redirigé vers le site Web de la Palette 2030 pour des graphiques et des informations d'appui.(Source: Auteur)

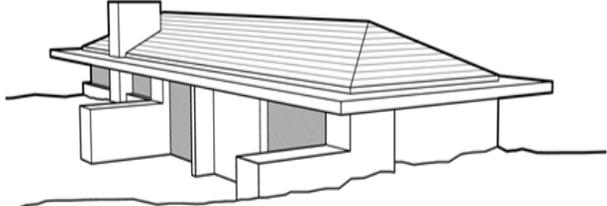
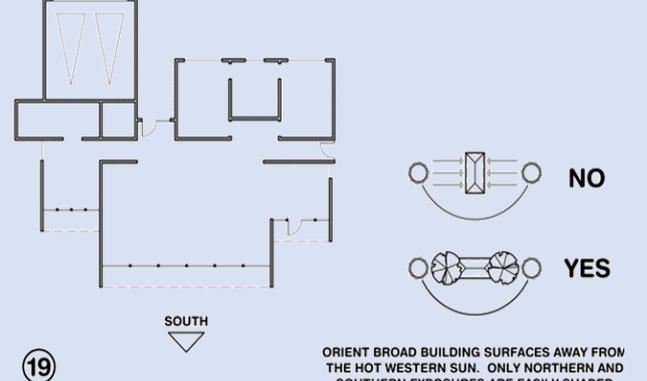
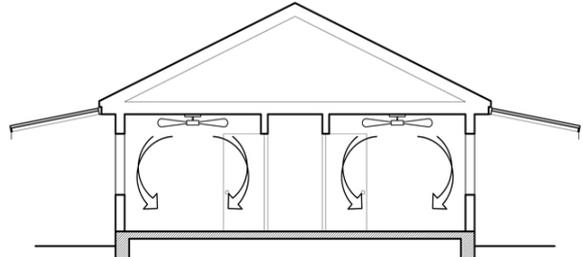
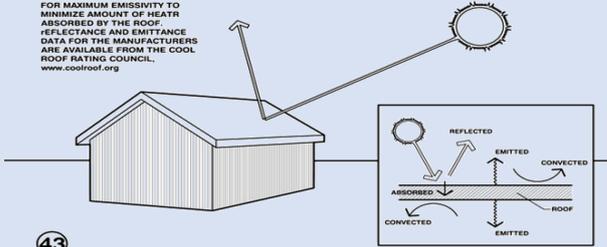
9. Les directives de conception résultèrent de la simulation :

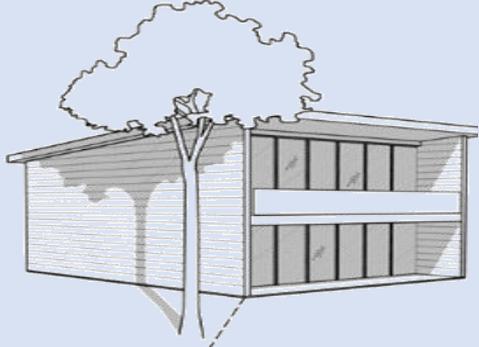
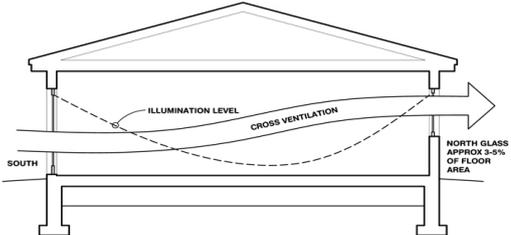
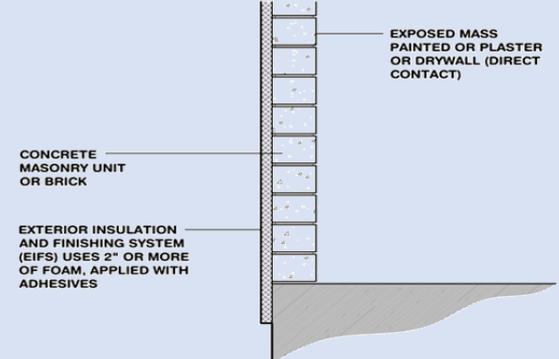
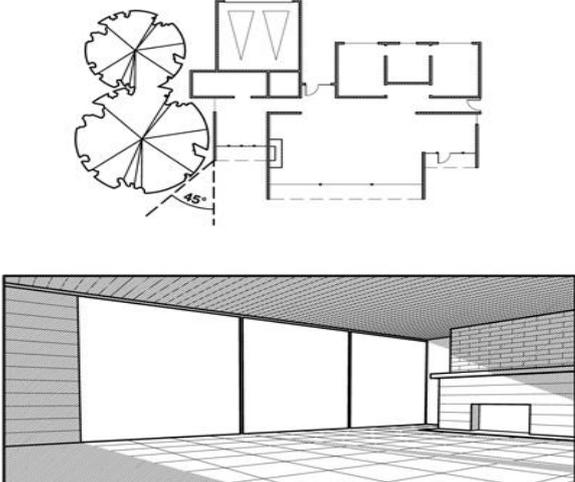
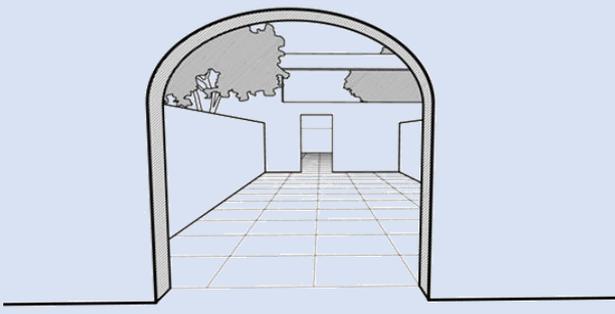
Les Résultats de la simulation sur l'application **climate consultant 6.0**, d'aide à l'écoconception a générée les directives de conception dans le tableau qui suit :

Les Directives de conception sur une ligne directrice avec un logo Palette 2030 (figure 112) pour des informations d'appui (des exemples sont dans l'annexe 02).

| N° | L'instruction à suivre | Chématisation |
|----|---|--|
| 45 | <p>1. Les toits plats fonctionnent bien dans les climats chauds et secs (surtout s'ils sont de couleur claire).</p> |  |
| 50 | <p>2. Dans les climats chauds et secs, un refroidisseur évaporatif peut fournir une capacité de refroidissement suffisante (si l'eau est disponible et l'humidité est faible), réduisant ainsi ou même éliminant la climatisation.</p> |  |
| 58 | <p>3. C'est l'un des climats les plus confortables, donc l'ombre pour prévenir la surchauffe, ouvert aux brises en été, et utiliser le gain solaire passif en hiver.</p> |  |
| 62 | <p>4. Les bâtiments climatisés dans les climats tempérés ont utilisé une construction légère avec des dalles sur la catégorie et des murs fonctionnels et des espaces extérieurs ombragés.</p> |  |
| 29 | <p>5. Humidifiez l'air chaud et sec avant qu'il ne pénètre dans le bâtiment à partir d'espaces extérieurs fermés avec des fontaines, des compteurs, des chaussées humides ou des tours de refroidissement semblables à des embruns.</p> |  |
| 11 | <p>6. Le gain de chaleur provenant des lumières, des occupants et de l'équipement réduit considérablement les besoins en chauffage, de sorte que le bâtiment demeure bien isolé (pour abaisser la température du point de balance).</p> |  |

| | | |
|-----------|--|--|
| <p>37</p> | <p>7. Les vitres (conçues pour cette latitude) ou les parasols fonctionnels (auvents qui s'étendent en été) peuvent réduire ou éliminer la climatisation.</p> | |
| <p>47</p> | <p>8. Utilisez des intérieurs décloisonnés pour favoriser la ventilation croisée naturelle, ou utilisez des portes à persiennes, ou utilisez plutôt des gaines de saut si vous avez besoin d'intimité.</p> | |
| <p>66</p> | <p>9. Des bâtiments climatisés dans des climats chauds et venteux et secs ont utilisé des cours fermées bien ombragées, avec une petite fontaine pour fournir des microclimats protégés par le vent.</p> | |
| <p>35</p> | <p>10. Une bonne ventilation naturelle peut réduire ou éliminer la climatisation par temps chaud, si les fenêtres sont bien ombragées et orientées vers les brises dominantes.</p> | |

| | | | | |
|---|---|--|---|---|
| <p>60</p> | <p>11. L'abri de la terre, les sous-sols occupés ou les tubes de terre réduisent les charges thermiques dans les climats secs très chauds parce que la terre reste près de la température annuelle moyenne.</p> |  | | |
| <p>19</p> | <p>12. Pour le chauffage solaire passif face à la plupart de la zone de verre au sud pour maximiser l'exposition au soleil d'hiver, et la conception des surplombs pour ombrager complètement en été.</p> |  | | |
| <p>42</p> | <p>13. Lors des journées chaudes, les ventilateurs de plafond ou les mouvements de l'air intérieur peuvent le faire paraître plus frais de 5 degrés F (2,8 °C) ou plus, donc moins de climatisation est nécessaire.</p> |  | | |
| <p>43</p> | <p>14. Utiliser des matériaux de construction de couleur claire et des toits froids (avec une grande émissivité) pour réduire au minimum le gain de chaleur.</p> | <p>SOLAR REFLECTANCE INDEX (SRI)</p> <p>USE MATERIALS WITH HIGH SRI FOR MAXIMUM EMISSIVITY TO MINIMIZE AMOUNT OF HEAT ABSORBED BY THE ROOF. REFLECTANCE AND EMISSANCE DATA FOR THE MANUFACTURERS ARE AVAILABLE FROM THE COOL ROOF RATING COUNCIL. www.coolroof.org</p>  | | |
| <p>20</p> | <p>15. Fournir double vitrage haute performance (Low-E) sur l'ouest, le nord et l'est, mais clair sur le sud pour un gain solaire passif maximal.</p> | <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> <p>DOUBLE PANE LOW - E</p> <p>TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .42</p> <p>58% → 42%</p> <p>TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .43</p> <p>57% → 43%</p> <p>TYPICAL CONDUCTION U - FACTOR = .45</p> <p>55% → 45%</p> </td> <td style="text-align: center;"> <p>DOUBLE PANE CLEAR</p> <p>TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .52</p> <p>48% → 52%</p> <p>TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .57</p> <p>43% → 57%</p> <p>TYPICAL CONDUCTION U - FACTOR = .45</p> <p>55% → 45%</p> </td> </tr> </table> | <p>DOUBLE PANE LOW - E</p> <p>TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .42</p> <p>58% → 42%</p> <p>TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .43</p> <p>57% → 43%</p> <p>TYPICAL CONDUCTION U - FACTOR = .45</p> <p>55% → 45%</p> | <p>DOUBLE PANE CLEAR</p> <p>TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .52</p> <p>48% → 52%</p> <p>TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .57</p> <p>43% → 57%</p> <p>TYPICAL CONDUCTION U - FACTOR = .45</p> <p>55% → 45%</p> |
| <p>DOUBLE PANE LOW - E</p> <p>TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .42</p> <p>58% → 42%</p> <p>TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .43</p> <p>57% → 43%</p> <p>TYPICAL CONDUCTION U - FACTOR = .45</p> <p>55% → 45%</p> | <p>DOUBLE PANE CLEAR</p> <p>TYPICAL SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT = .52</p> <p>48% → 52%</p> <p>TYPICAL VISIBLE LIGHT TRANS = .57</p> <p>43% → 57%</p> <p>TYPICAL CONDUCTION U - FACTOR = .45</p> <p>55% → 45%</p> | | | |

| | | |
|-----------|---|--|
| <p>32</p> | <p>16. Réduire ou éliminer les vitrages orientés vers l'ouest pour réduire le gain de chaleur en été et en automne après-midi.</p> |  |
| <p>54</p> | <p>17. Prévoir suffisamment de vitrage au nord pour équilibrer l'éclairage naturel (environ 5 % de la surface au sol).</p> |  |
| <p>41</p> | <p>18. Les meilleurs murs de haute masse utilisent l'isolation extérieure (comme la mousse EIFS) et exposent la masse à l'intérieur ou ajoutent du plâtre ou une cloison sèche en contact direct.</p> |  |
| <p>31</p> | <p>19. Organiser le plan de sol pour que le soleil d'hiver pénètre dans les espaces d'utilisation diurne avec des fonctions spécifiques qui coïncident avec l'orientation solaire.</p> |  |
| <p>8</p> | <p>20. Les espaces extérieurs ensoleillés et protégés par le vent peuvent s'étendre sur les zones occupées par temps frais (patios fermés, cours ou vérandas).</p> |  |

10. Conclusion :

- Les sept principes pour régir les stratégies entrelacées de notre approche de conception écologique et durable:
- Optimiser les performances de l'installation, l'ombrage extérieur et l'utilisation de la lumière naturelle, grâce à une détermination analytique de l'orientation du bâtiment sur le site.
- Compensez la consommation d'énergie pendant les périodes de pointe en captant l'énergie avec le photovoltaïque intégré au bâtiment.
- Mettre en œuvre des stratégies de conception passives et installer des capteurs de présence pour contrôler l'utilisation des systèmes d'éclairage, de ventilation et d'échappement pour les bureaux et les laboratoires, dans le cadre de la planification des installations.
- Utilisez un toit blanc pour réfléchir la lumière et réduire l'effet « d'îlot de chaleur » sur le microclimat environnant.
- Refroidir les espaces grâce à la distribution hydraulique et récupérer l'énergie des flux d'échappement pour pré-conditionner l'air d'admission, dans le cadre des stratégies chauffage, ventilation et climatisation.
- Couverture des taux d'énergie de pointe et pré-conditionner l'eau avec l'énergie thermique.
- Fournir aux utilisateurs des données en temps réel sur l'utilisation de l'énergie et de l'eau pour qu'ils participent au maintien et à l'amélioration des performances du bâtiment tout au long de sa vie.

CHAPITRE ARCHITECTURAL

Introduction :

La programmation architecturale fait partie d'un ensemble plus vaste et complexe d'étapes nécessaires à la réalisation de l'édification du bâtiment. Elle est un élément essentiel du processus de réalisation. Se situant au tout début du processus, et dans bien des cas en tant que première étape, la programmation architecturale a comme objectif premier de prévoir en amont de la conception du projet les éléments essentiels et constitutifs d'une bonne architecture.

1. Approche programmatique :

Suite à l'analyse des exemples de centres de recherches d'énergies renouvelables et à l'étude normative des installations des recherches nous avons conclu qu'un centre de recherche d'énergie renouvelable ce comporte de scinque divisions de recherche spécialisées :

1. Laboratoire d'énergie solaire
2. Laboratoire d'énergie éolienne
3. Laboratoire d'énergie hydraulique
4. Laboratoire bioénergie et environnement
5. Laboratoire hydrogène renouvelable

Et afin d'assurer le bon fonctionnement du centre et pour faciliter la recherche en sécurité des utilisateurs et des chercheurs le centre a été conçue en secteur d'activité comme suit :

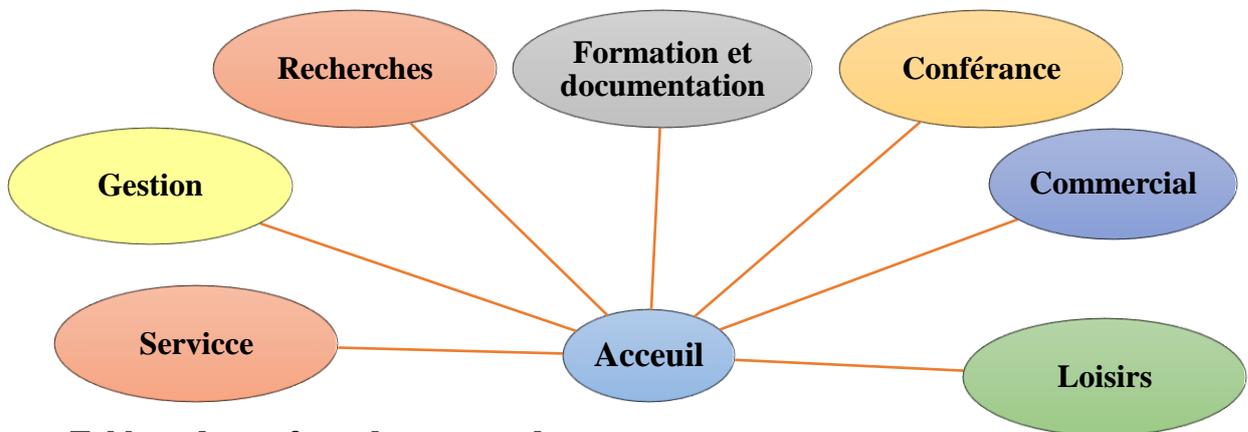


Tableau des surfaces des espaces du centre sont :

| Fonction | ESPACES | N | Ocup | S/Ocup | S U | S T m² |
|---------------|--|-------------|------|--------|-----|--------|
| Accueil | Hall d'accueil | 1 | | 18% | 300 | 300 |
| | Hall d'exposition | 1 | | | 500 | 500 |
| | Réception | 1 | | | 200 | 200 |
| | Sanitaire h/f | 2 | | | 30 | 60 |
| | | 1060 | | | | |
| Administratif | Bureau de directeur | 1 | 1 | 30 | 30 | 30 |
| | Bureau de secrétaire | 1 | 1 | 25 | 25 | 25 |
| | Salle de réunion | 1 | 10 | 6 | 60 | 60 |
| | Sanitaire | 2 | / | / | 20 | 40 |
| | Bureaux des gestionnaires des divisions. | 1 | 1 | 25 | 25 | 25 |

| | | | | | | |
|--|--|------------|----|----|-----|-----|
| | Bureau d'information scientifique et valorisation de résultats des recherches | 10 | 1 | 25 | 25 | 250 |
| | Bureau communication | 2 | 2 | 15 | 30 | 60 |
| | Bureau personnelles | 1 | 1 | 25 | 25 | 25 |
| | Bureau comptabilité | 1 | 2 | 25 | 50 | 50 |
| | Bureau coordination | 1 | 1 | 25 | 25 | 25 |
| | Bureau gestion de Resource | 1 | 1 | 25 | 25 | 25 |
| | Bureau contrôle des données | 1 | 1 | 25 | 25 | 25 |
| | Bureaux d'ordres | 5 | 1 | 25 | 25 | 125 |
| | | 640 | | | | |
| Service projet équipée (commercial) | Hall d'accueil | 1 | | | 60 | 60 |
| | Bureau de chef de service | 1 | 1 | 30 | 30 | 30 |
| | Bureau de secrétaire | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| | Salle de projet équipée | 1 | 9 | | 130 | 130 |
| | Bureau de comptabilité | 1 | 3 | 15 | 45 | 45 |
| | Bureau de suivie | 1 | 2 | 12 | 24 | 24 |
| | Sanitaire h/f | 1 | 1 | | 30 | 30 |
| | | 334 | | | | |
| Laboratoires de recherches | <u>I. Laboratoire d'énergie solaire</u> | | | | | |
| | <u>1. Laboratoire Thermique et Thermodynamique Solaire et Géothermie:</u> | | | | | |
| | •Laboratoire Energie solaire thermique appliquée à l'industrie | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Laboratoire Efficacité énergétique appliquée au bâtiment | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Laboratoire Systèmes solaires thermodynamiques de puissance | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Laboratoire Géothermie (GT) | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Bureau du chef d'équipe | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Bureau chercheur | 5 | 1 | 15 | 15 | 75 |
| | •Salle de réunion | 1 | 20 | 4 | 80 | 80 |
| | | 615 | | | | |
| | <u>2. Energie Solaire Photovoltaïque</u> | | | | | |
| | •Laboratoire Intégration des Systèmes PV au Réseau | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Laboratoire Technologie Photovoltaïque et Applications | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Laboratoire Conversion et Qualité de l'Énergie | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Laboratoire Gestion & Stockage de l'Energie | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| | •Bureau du chef d'équipe | 1 | 3 | 15 | 45 | 45 |
| | •Bureau chercheur | 4 | 1 | 15 | 15 | 60 |
| | •Salle de réunion | 1 | 20 | 4 | 80 | 80 |
| | •Atelier de recherche en double hauteurs (Atelier de façonnage de pièces ou de prototypes pour la recherche) | 1 | 18 | 23 | 414 | 414 |
| | | 967 | | | | |
| <u>II. Laboratoire d'énergie éolienne</u> | | | | | | |
| •Laboratoire Gisement Eolien | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 | |

| | | | | | |
|--|---|----|-----|-----|-----|
| •Laboratoire Aérodynamique | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire Systèmes Hybrides | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire Aérogénérateurs et Engineering | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire de météorologie | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Atelier de recherche en double hauteurs (Atelier de façonnage de pièces ou de prototypes pour la recherche) | 1 | 10 | 23 | 230 | 230 |
| •Bureau du chef d'équipe | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| •Bureau chercheur | 5 | 1 | 15 | 15 | 75 |
| •Salle de réunion | 1 | 20 | 4 | 80 | 80 |
| | | | 860 | | |
| III. <u>Laboratoire d'énergie hydraulique</u> | | | | | |
| •Laboratoire pour l'étude de la conversion de l'énergie hydraulique en énergie électrique par des turbines | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire des mécaniques et turbines | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire des mécaniques des fluides et énergétique | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire de matière et écoulement | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Atelier de recherche en double hauteurs (Atelier de façonnage de pièces ou de prototypes pour la recherche) | 1 | 8 | 23 | 184 | 184 |
| •Bureau du chef d'équipe | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| •Bureau chercheur | 4 | 1 | 15 | 15 | 60 |
| •Salle de réunion | 1 | 20 | 4 | 80 | 80 |
| | | | 707 | | |
| IV. <u>Bioénergie et environnement</u> | | | | | |
| •Laboratoire Biogaz et Biomasse Energie (BBE) | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire Ressources Bioénergétiques et Valorisation des Algues (RBVA) | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire Production et Valorisation du Bioalcool et Biodiesel (PVBB) | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire Environnement et changements climatiques (ECC) | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Bureau du chef d'équipe | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| •Bureau chercheur | 4 | 1 | 15 | 15 | 60 |
| •Salle de réunion | 1 | 20 | 4 | 80 | 80 |
| | | | 523 | | |
| V. <u>Laboratoire hydrogène renouvelable</u> | | | | | |
| •Laboratoire Potentiel hydrogène et modélisation | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire Multi-sources et stockage | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire Engineering des systèmes énergétiques d'hydrogène | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Laboratoire Systèmes de combustion de l'hydrogène | 1 | 4 | 23 | 92 | 92 |
| •Bureau du chef d'équipe | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| •Bureau chercheur | 4 | 4 | 15 | 60 | 240 |
| •Salle de réunion | 1 | 20 | 4 | 80 | 80 |
| | | | 703 | | |
| Laverie / Autoclave | 1 | 1 | 30 | 30 | 30 |

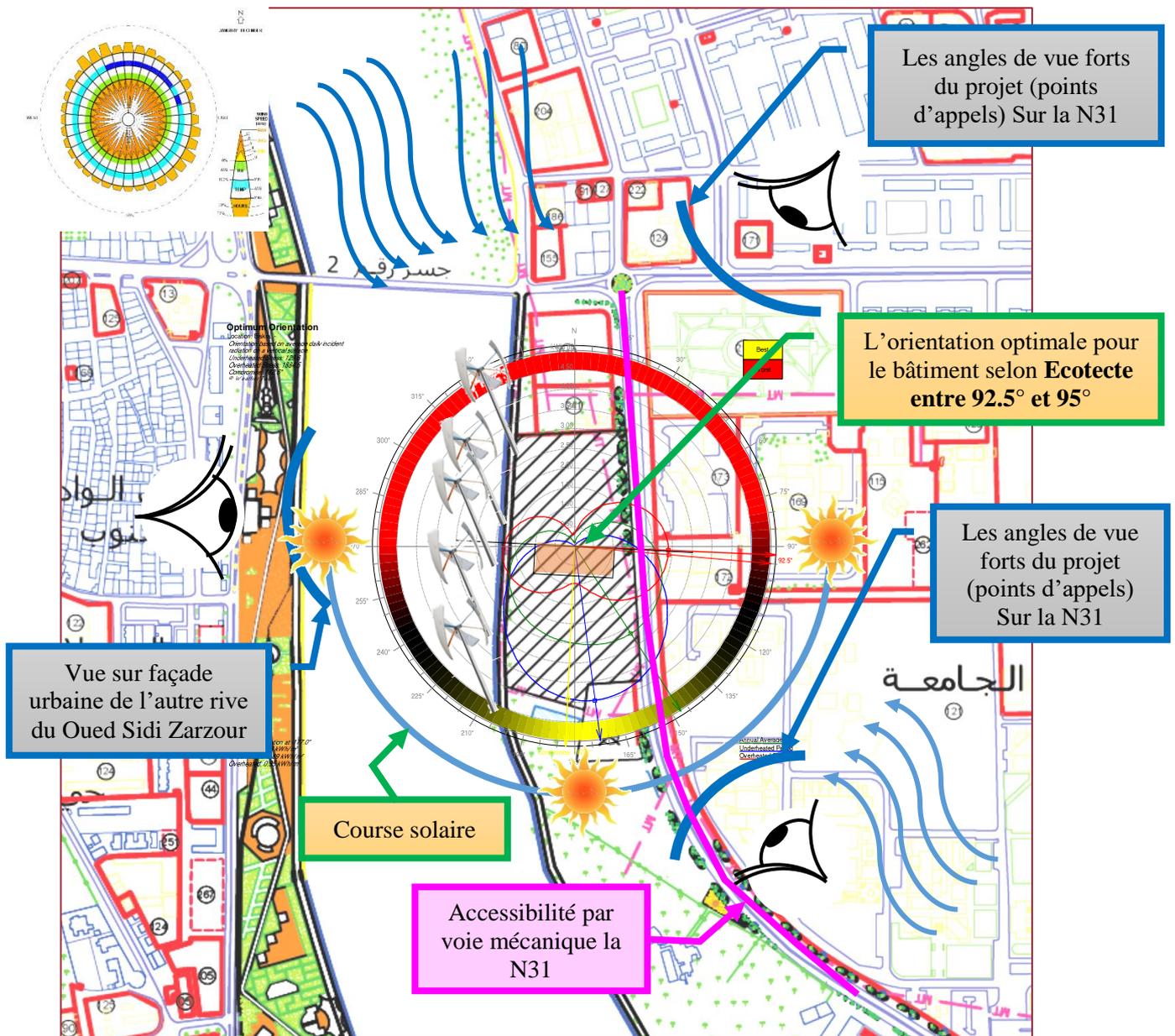
CHAPITRE ARCHITECTURAL

| | | | | | | |
|----------------|---|---|---|-------------------|-----|-----|
| | Salle de consultation médicale | 1 | 1 | 60 | 60 | 60 |
| | Atelier informatique (Atelier d'entretien de matériel informatique) | 1 | 1 | 60 | 60 | 60 |
| Locaux annexes | Salle de projet équipée | 1 | 1 | 120 | 120 | 120 |
| | Quai de déchargement | 1 | 1 | 60 | 60 | 60 |
| | •Stockage | 5 | 1 | 20 | 20 | 100 |
| | •Chambre à couvain | 5 | 1 | 25 | 25 | 125 |
| | Salle d'informatique | 3 | 1 | 60 | 60 | 180 |
| | •Serveur informatique | 1 | 1 | 80 | 80 | 80 |
| | | | | 665 | | |
| Formation | •Salles de cours | 3 | 1 | 15 | 2 | 90 |
| | •Amphithéâtre (250places) | 1 | 1 | 250 | 2 | 500 |
| | | | | 490 | | |
| Culturelle | <u>Bibliothèque</u> | | | | | |
| | •espace livres | | | | | |
| | •espace de prêt | 1 | 1 | | 50 | 50 |
| | •salle de lecture | 1 | 1 | | 100 | 100 |
| | •bureau de responsable | 1 | 1 | | 20 | 20 |
| | •Salle d'informatique | 1 | 1 | | 30 | 30 |
| | | | | 200 | | |
| Service | <u>Restaurant</u> | | | | | |
| | •Hall d'accueil | 1 | 1 | | 30 | 30 |
| | •Espace client | 2 | 2 | | 180 | 180 |
| | • Sanitaire | 1 | 1 | | 10 | 20 |
| | <u>Cuisine</u> | | | | | |
| | •Espace de stockage | 1 | 1 | | 20 | 20 |
| | •Chambre froide | 1 | 1 | | 6 | 6 |
| | •Espace de travail | 1 | 1 | | 80 | 80 |
| | •Vestiaire | 1 | 1 | | 10 | 10 |
| | •Sanitaire | 1 | 1 | | 10 | 10 |
| | <u>Cafeteria</u> | | | | | |
| | •Préparation | 1 | 1 | | 20 | 20 |
| | • Espace client | 1 | 1 | | 80 | 80 |
| | <u>Salle de musculation</u> | | | | | |
| | •La salle de gym | 1 | 1 | | 100 | 100 |
| | •Vestiaire | 1 | 1 | | 10 | 10 |
| | •Sanitaire | 1 | 1 | | 10 | 10 |
| | <u>Salle de fitness</u> | | | | | |
| | •La salle de gym | 1 | 1 | | 100 | 100 |
| | •Vestiaire | 1 | 1 | | 10 | 10 |
| | •Sanitaire | 1 | 1 | | 10 | 10 |
| | | | | | 696 | |
| | Capacité de 100 chercheurs | | | 8460 | | |
| Parking | Visiteurs | | | 60 places | | |
| | Personnelles | | | 300 places | | |

2. Approche conceptuelle

- ✓ Pour concevoir un centre de recherches durable, écologique et performant on doit intégrer les paramètres climatiques du site en amont du processus conceptuel. Pour un laboratoire durable on doit répondre aux enjeux suivant :
- ✓ Préparer des plans schématiques de développement du site.
- ✓ Examiner les plans pour déterminer les stratégies de développement durable les plus avantageuses, notamment :
- ✓ L'orientation du bâtiment pour tirer le meilleur parti des opportunités solaires et de ventilation.
- ✓ Minimiser la quantité de couverture imperméable.
- ✓ Envisager les chaussées perméables.
- ✓ Conserver la végétation existante et les espaces ouverts, le cas échéant.
- ✓ Limitez la quantité de perturbation du site.
- ✓ Envisager des aires de stationnement pour minimiser les chaussées imperméables au niveau du sol.
- ✓ Utilisez des plantes indigènes.
- ✓ Eau recyclée ou systèmes d'irrigation performants.
- ✓ Gérer la quantité et la qualité des eaux pluviales.
- ✓ Capturez les eaux pluviales pour les réutiliser.
- ✓ Mettre en œuvre des stratégies de développement durable appropriées lors du processus de conception (les stratégies fournis par l'application climate consultant cité au-par-avant).
- ✓ Si ce type de stratégie de développement est suivi fidèlement jusqu'au bout, le résultat devrait être un projet réussi qui a un impact positif sur l'environnement du site.
- ✓ Les laboratoires doivent être plus ouverts, avec des espaces de bureaux et des zones de laboratoire humide physiquement et visuellement accessibles les uns aux autres pour permettre l'interaction et la collaboration.

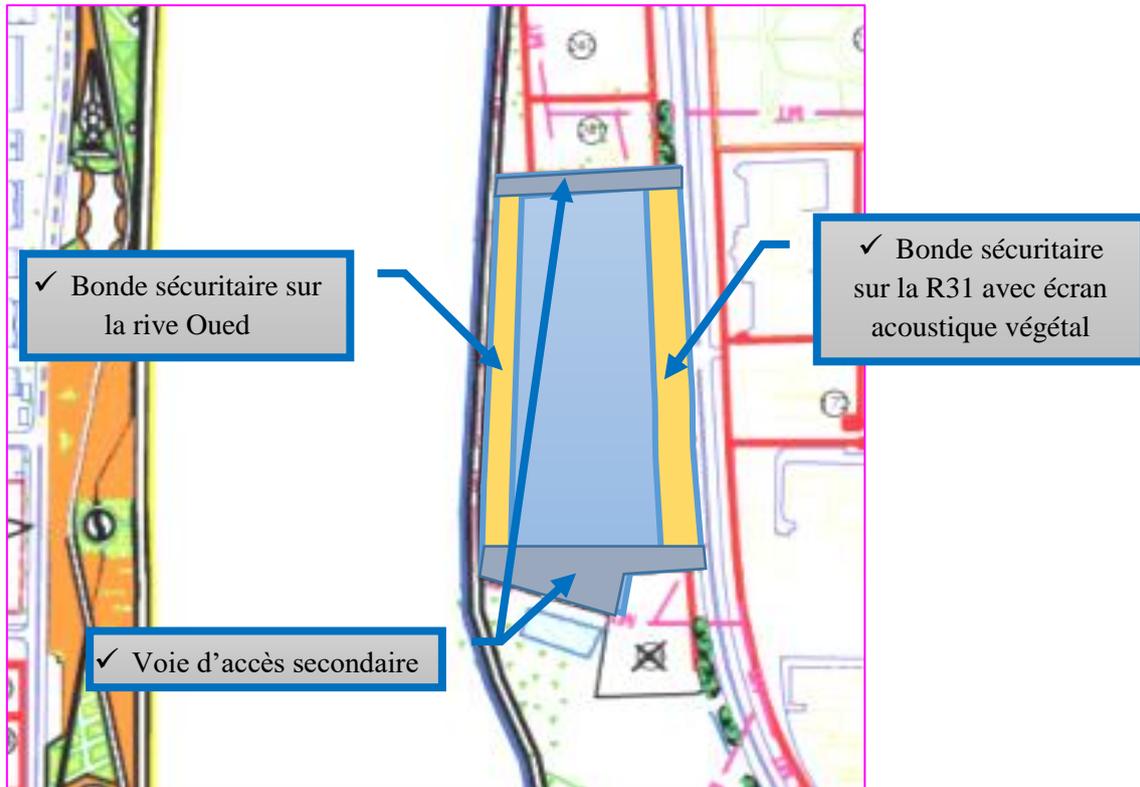
2.1. Les éléments de passage :



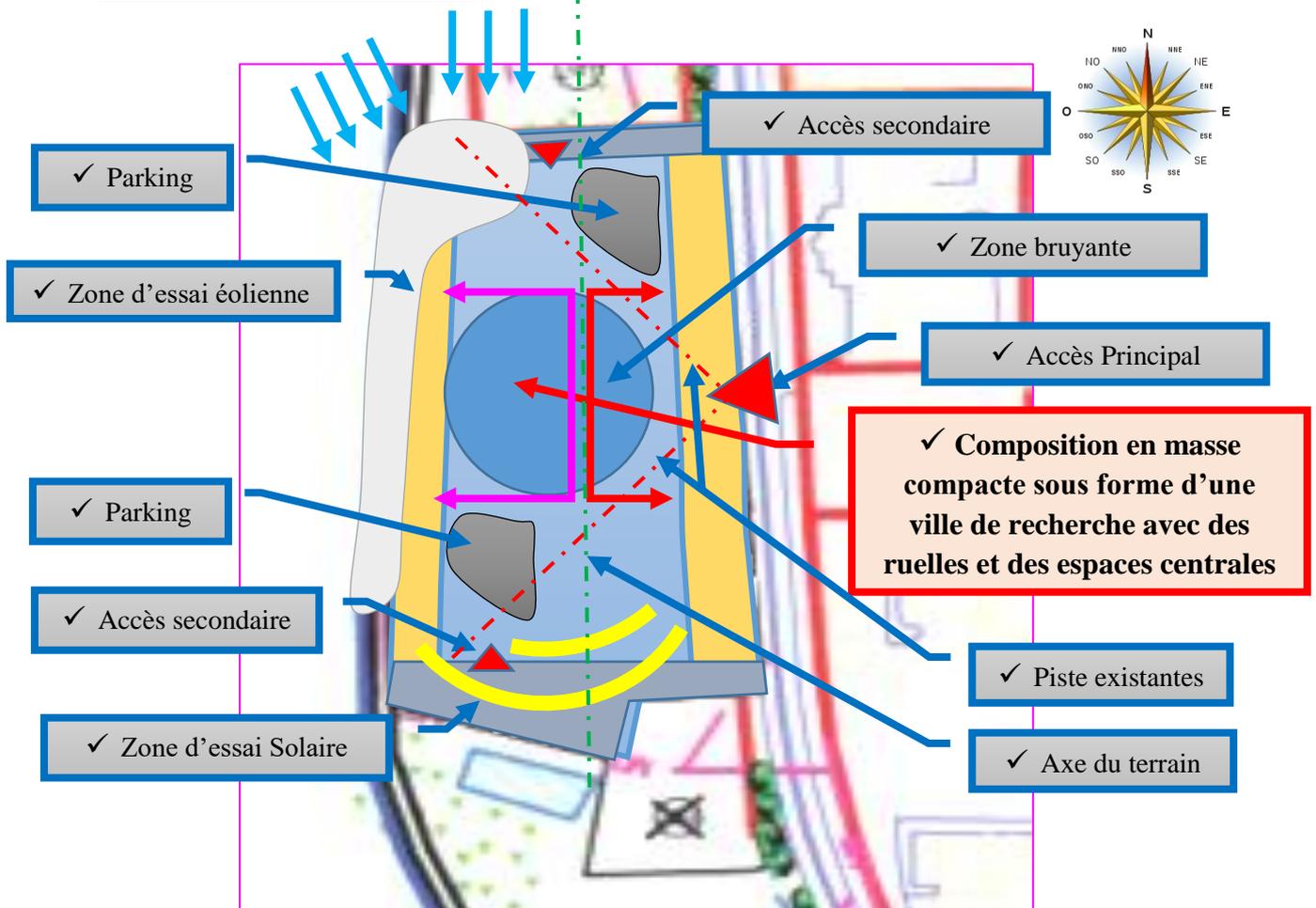
- Le site proche de l'université et en face du CRSTRA
- Le site est à côté de la maison de culture et le théâtre régional de Biskra
- L'oued donne un dégagement sur la façade urbaine de l'autre rive de l'oued et il offre aussi un couloir ouvert de vent pour l'installation d'éoliennes
- Le site est ouvert et dans une zone urbaine

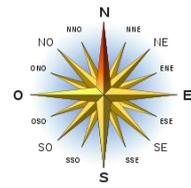
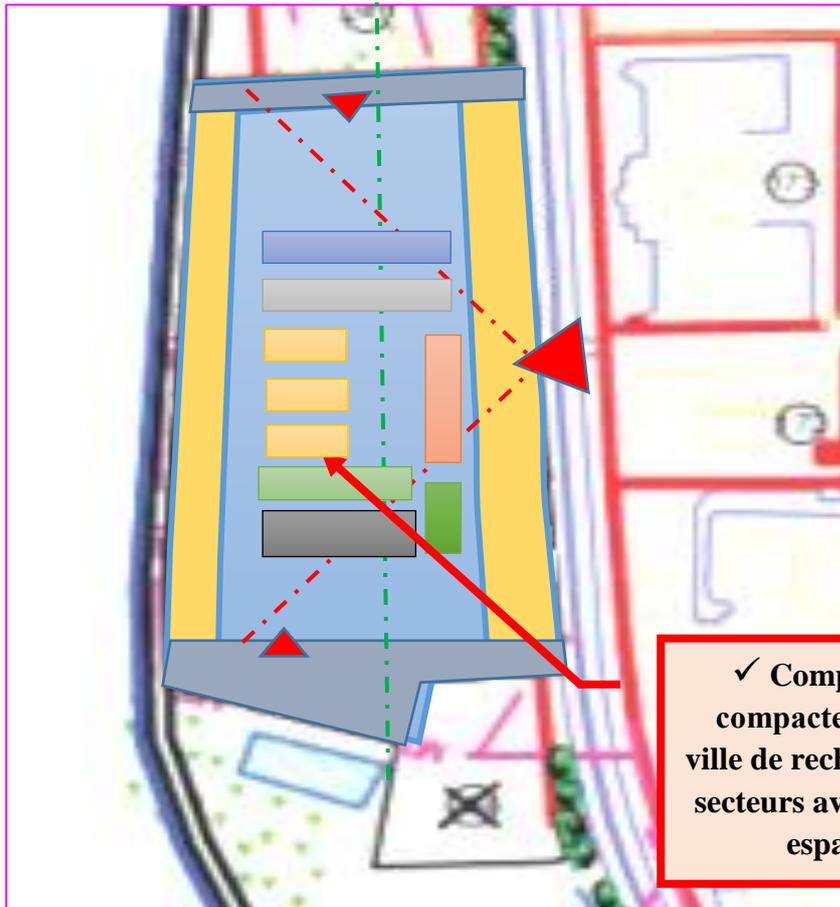
2.2. L'idée conceptuel

a) viabilisation du site :



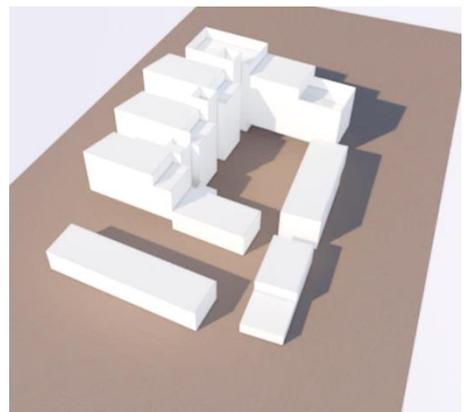
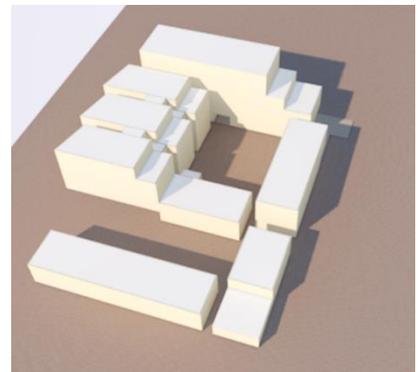
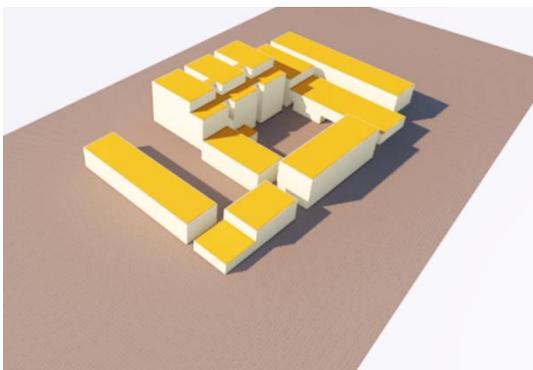
b) Processus de conception :





- Administration
- Conférences et documentation
- Recherches
- Zone de testes
- Atelier lourds
- Batteries
- Loisir

✓ Composition en masse compacte sous forme d'une ville de recherche organiser par secteurs avec des ruelles et des espaces centrales



Références

| | |
|-----|---|
| 1. | http://www.gautier-creations.fr/un-projet-de-construction/ |
| 2. | <i>Encyclopédie Universalis France 2020</i> |
| 3. | Conception des lieux et des situations de travail /Santé et sécurité : démarche, méthodes et connaissances techniques brochure a été réactualisée en 2010 par Jean-Louis POMIAN (INRS) Édition septembre 2011. |
| 4. | METRIC HANDBOOK Planning and Design Data Sixth Edition Edited by Pamela Buxton published 2018 by Routledge |
| 5. | Sustainable Design of |
| 6. | Research Laboratories |
| 7. | PLANNING, DESIGN, AND OPERATION Copyright © 2010 by KlingStubbins. All rights reserved Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey/ Published simultaneously in Canada |
| 8. | NREL Research support facility/ Tom Hootman, AIA, LEED AP BD+C RNL, Director of Sustainability / 2012 |
| 9. | |
| 10. | |
| 11. | Centre for Sustainable Energy Technologies For :Mario Cucinella Architects DINA MOHAMED (pdf) |
| 12. | Mooney ESIF Overview May 2010 (ppt) |
| 13. | Research Support Facility: Three Years of Net Zero Operations, Occupants and Analytics / CBE Industry Advisory Board October 8 2015 |
| 14. | COURS D'INITIATION A LA METHODOLOGIE DE RECHERCHE /ECOLE PRATIQUE DE LA CHAMBRE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE – ABIDJAN / M. ASSIE GUY ROGER, Sociologue, S-DRH-M de l'INFPA et DR. KOUASSI ROLAND RAOUL, Enseignant-chercheur des universités |
| 15. | L'éco-conception dans le bâtiment En 37 fiches-outils de Jean-Luc Menet Ion Cosmin Gruescu / Dunod, 2014 |
| 16. | CONCEPTION ARCHITECTURALE DURABLE EN MILIEU TROPICAL Principes et applications pour l'Afrique de l'Est / Québec, novembre 2015, ONU-Habitat et OIF/IFDD. |
| 17. | Sustainable Design of Research Laboratories PLANNING, DESIGN, AND OPERATION Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey / Copyright © 2010 by KlingStubbins. |
| 18. | The Sustainable Laboratory Handbook Design, Equipment, Operation Edited by Egbert Dittrich/ published by Wiley-VCH 2015 |
| 19. | BUILDING TYPE B A S I C S FOR research Laboratories / Stephen A. Kliment, Series Founder and Editor DANIEL WATCH Perkins & Will / JOHN WILEY & SONS, INC. 2001 |
| 20. | Laboratory design handbook I E. Crawley Cooper./ 1994 by CRC Press, Inc. |
| 21. | Laboratory Design Guide Third Edition For clients, architects and their design team The laboratory design process from start to finish / Brian Griffin / 2005, Brian Griffin. |
| 22. | LABORATORY DESIGN, CONSTRUCTION, AND RENOVATION /National Academy Press / Copyright 2000 by the National Academy of Sciences. |
| 23. | Bâtiments de laboratoires / KBOB / RECOMMANDATION Edition 1 / Janvier 2000 |
| 24. | Energy Long Island 2007 Conference |

| | |
|-----|--|
| 25. | MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTERE / IMPACT DES GAINS DE CHALEUR SUR LA MORPHOLOGIE DES BATIMENTS CAS DES CLIMATS CHAUDS ET ARIDES / MER ZEROUAL DAOUD / juin 2006 |
| 26. | Mémoire de Magistère en Architecture LES PROCESSUS DE CONCEPTION ARCHITECTURALE « CAS D'ETUDES LES MINARETS DES MOSQUEES » / M. OUADAH OMAR / 2015 |
| 27. | Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique « concevoir, édifier et aménager avec le développement durable ». Alain Liébard , André De Herde .paris .2006 . |
| 28. | WE LCO M E G U I D E The Advanced Energy Center™ (www.aertc.org), |
| 29. | https://youmatter.world/fr |
| 30. | Bioclimatic Double-Skin Façades / Mary Ben Bonham/ 2020 Taylor & Francis |
| 31. | Becoming a green building professional/Holley Henderson/2012 by John Wiley & Sons, Inc |
| 32. | Dense + Green Innovative Building Types for Sustainable Urban Architecture/Thomas Schröpfer/2016 Birkhäuser Verlag GmbH |
| 33. | Behzad Sodagar, Rosemary Fieldson and Bryce Gilroy-Scot/Behzad Sodagar, Rosemary Fieldson and Bryce Gilroy-Scot/Volume 4, Number 4/2008 (individual papers), the author(s) |
| 34. | EDF Lab Paris-Saclay PROUESSE TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE/ DOSSIER DE PRESSE 20 janvier 2017 |
| 35. | Eco-Architecture II/THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARMONISATION BETWEEN ARCHITECTURE AND NATURE/CONFERENCE CHAIRMEN/S. Hernández-C. A. Brebbia-W.P. De Wilde/© WIT Press 2010 |
| 36. | HEATING, COOLING, LIGHTING Sustainable Design Methods for Architects / Norbert Lechner / 2015 by John Wiley & Sons, Inc. |
| 37. | Labels d'efficacité énergétique P a s c a l e M a e s HQE, BBC-EffinErgiE, Maison PassivE, rT 2005/2012, QualiTEI /P a s c a l e M a e s /Groupe Eyrolles, 2010, |
| 38. | LOW ENERGY LOW CARBON ARCHITECTURE: RECENT ADVANCES & FUTURE DIRECTIONS/Khaled A. Al-Sallal/2016 Taylor & Francis Group |
| 39. | Éco-profil : un outil d'assistance à l'éco-conception architecturale /par Charline WEISSSENSTEIN/Présentée et soutenue publiquem ent le 11/ 12/ 2012 pour l'obtention du grade de Docteur de l'UNI VERSI TÉ DE LORRAI NE (Spécialité : Sciences de l'architecture) |
| 40. | Mémoire présenté en vue de l'obtention Du diplôme de Magistère en architecture /Forme architecturale et confort hygrothermique dans les bâtiments éducatifs, cas des infrastructures d'enseignement supérieur en régions arides /Melle LABRECHE Samia / |
| 41. | Développement et environnement au Maghreb Contraintes et enjeux Mahi TABET-AOUL /Juillet 2010 |

LES ANNEXES

Table 1 : les températures

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Temp. Moy. Max | 16,9 | 19,1 | 23,6 | 26,8 | 31,4 | 37,1 | 41 | 39,6 | 33,9 | 29,2 | 21,8 | 17,4 |
| Temp. Moy. Min | 6,88 | 7,83 | 11,39 | 15,06 | 20,06 | 24,81 | 27,76 | 27,72 | 23,26 | 18,02 | 11,85 | 7,71 |
| E.D.T | 10,06 | 11,31 | 12,21 | 11,78 | 11,33 | 12,29 | 13,2 | 11,89 | 10,64 | 11,16 | 9,96 | 9,65 |

| | |
|------------|------|
| La + haute | TAM |
| 39.2 | 22 |
| 4.8 | 34.4 |
| La + basse | EAT |

Table 2 Humidités, Pluie, Vents

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|-------------------|--------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|---|
| Humidité Rel. Max | 79,1 | 69,5 | 63,8 | 52,7 | 51,8 | 46,2 | 41,5 | 46,3 | 58,6 | 64,9 | 73,3 | 79,3 | |
| Humidité Rel. Min | 39 | 29,40 | 24,9 | 20,7 | 20,6 | 17,6 | 16 | 17,8 | 25,7 | 29,8 | 36,1 | 40,5 | |
| Humidité Rel. Moy | 59,05 | 49,45 | 44,35 | 36,7 | 36,2 | 31,9 | 28,75 | 32,05 | 42,15 | 47,35 | 54,7 | 59,9 | |
| Groupe (G.H.) | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | |
| Pluie (mm) | 28,1 | 5,2 | 16,6 | 22,8 | 9,93 | 4,33 | 0,38 | 4,07 | 8,53 | 10,1 | 18,6 | 14,5 | |
| Vent (directions) | Domin | N | N | N | N | E | E | S | S | E | E | N | N |
| | Second | E | E | E | E | S | S | E | E | S | N | E | E |

| GH | |
|-------|---|
| <30 | 1 |
| 30-50 | 2 |
| 50-70 | 3 |
| >70 | 4 |

Table 3 : CONFORT

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Groupe Hygro (G.H.) | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Températures | | | | | | | | | | | | |
| Moy. Mens. Max. | 16,94 | 19,14 | 23,6 | 26,84 | 31,39 | 37,1 | 40,96 | 39,61 | 33,9 | 29,18 | 21,81 | 17,36 |
| Confort diurne | Maxi | 29 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 34 | 31 | 31 | 31 | 29 |
| | Min | 23 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | 25 | 25 | 23 | 23 |
| Moy. Mens. Min. | 6,88 | 7,83 | 11,39 | 15,06 | 20,06 | 24,81 | 27,76 | 27,72 | 23,26 | 18,02 | 11,85 | 7,71 |
| Confort nocturne | Maxi | 23 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 25 | 24 | 24 | 23 | 23 |
| | Min | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Stress thermique | | | | | | | | | | | | |
| Jour | F | F | F | / | C | C | C | C | C | / | C | C |
| Nuit | F | F | F | F | / | C | C | C | / | / | C | C |

Limites confort (à partir de TAM)

| | G.H. | TAM > 20 | | 15 < TAM < 20 | | TAM < 15 | | G.H. |
|----------|--------|----------|-------|---------------|-------|----------|-------|--------|
| Humidité | Groupe | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Jour | Nuit | Groupe |
| 0 30 | 1 | 26-34 | 17-25 | 23-32 | 14-23 | 21-30 | 21-30 | 12-21 |
| 30 50 | 2 | 25-31 | 17-24 | 22-30 | 14-22 | 20-27 | 20-27 | 12-20 |
| 50 70 | 3 | 23-29 | 17-23 | 21-28 | 14-21 | 19-26 | 19-26 | 12-19 |
| > 70 | 4 | 22-27 | 17-21 | 20-25 | 14-20 | 18-24 | 18-24 | 12-18 |

C : trop chaud
/ : Confort
F : trop froid

Table 4 : INDICATEURS

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| H1 ventilation essentielle | | | | | | | | | | | | | 0 |
| H2 ventilation désirable | | | | | | | | | | | | | 0 |
| H3 protection pluie | | | | | | | | | | | | | 0 |
| A1 inertie thermique | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | 10 |
| A2 dormir dehors | | | | | x | x | x | x | x | | | | 5 |
| A3 prob. Saison froide | x | x | x | | | | | | | | x | x | 5 |

| | Stress thermique | GH | EDT | pluie |
|----|--------------------------|-------|------|-------|
| H1 | C. diurne | 4 | | |
| | C. diurne | 2-3 | -10° | |
| H2 | / . diurne | 4 | | |
| H3 | | | | +200 |
| A1 | | 1-2-3 | +10° | |
| A2 | C. nocturne | 1-2 | | |
| | C. diurne C. nocturne | 1-2 | +10° | |
| A3 | F. diurne F. nocturne | | | |

1. Plan masse

| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 | |
|----|----|----|----------|----|------|---|
| 0 | 0 | 0 | 10 | 5 | 5 | |
| | | | 0-10 | | | Bâtiments orientés suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil. |
| | | | 11 ou 12 | | 5-12 | Plans compacts avec cours intérieures |
| | | | | | 0-4 | |

2. Escarpements entre bâtiments

| | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|
| 11 ou 12 | | | | | | Grands espacements pour favoriser la pénétration du vent |
| 2-10 | | | | | | Comme ci-dessus mais avec protection contre vent chaud/froid |
| 0 ou 1 | | | | | | Plans compacts |

3. Circulation d'air

| | | | | | | |
|--------|--------|--|--|--|--|---|
| 3-12 | | | | | | Bâtiments à simple orientation. Dispositions permettant une circulation d'air permanente. |
| 1 ou 2 | 2-12 | | | | | Bâtiments à double orientation permettant une circulation d'air intermittente. |
| | | | | | | |
| 0 | 0 ou 1 | | | | | Circulation d'air inutile |

4. Dimensions des ouvertures

| | | | | | | |
|--|--|--|----------|--|-----|---|
| | | | 0 ou 1 | | 0 | Grandes, 40 à 80% des façades nord et sud. |
| | | | | | | |
| | | | 2-5 | | | Moyennes, 25 à 40 % de la surface des murs |
| | | | 6-10 | | | Intermédiaires, 20 à 35 % de la surface des murs. |
| | | | 11 ou 12 | | 0-3 | Petites, 15 à 25% de la surface des murs. |
| | | | | | | 4-12 |

5. Position des ouvertures

| | | | | | | | |
|--------|--------|--|-------------|--|--|--|---|
| 3-12 | | | | | | | Ouvertures dans les murs nord et sud, à hauteur d'homme du côté exposé au vent. |
| 1 ou 2 | 2-12 | | 0-5 6-12 | | | | Comme ci-dessus, mais y compris ouvertures pratiquées dans les murs intérieurs. |
| 0 | 0 ou 1 | | | | | | |

6. Position des ouvertures

| | | | | | | | |
|--|--|------|--|--|-----|--|--|
| | | | | | 0-2 | | Se protéger de l'ensoleillement direct |
| | | 2-12 | | | | | Prévoir une protection contre la pluie |

7. Murs et planchers

| | | | | | | | |
|--|--|--|------|--|--|--|--|
| | | | 0-2 | | | | Constructions légères, faible inertie thermique |
| | | | 3-12 | | | | Construction massive, décalage horaire supérieur à 08h |

8. Toiture

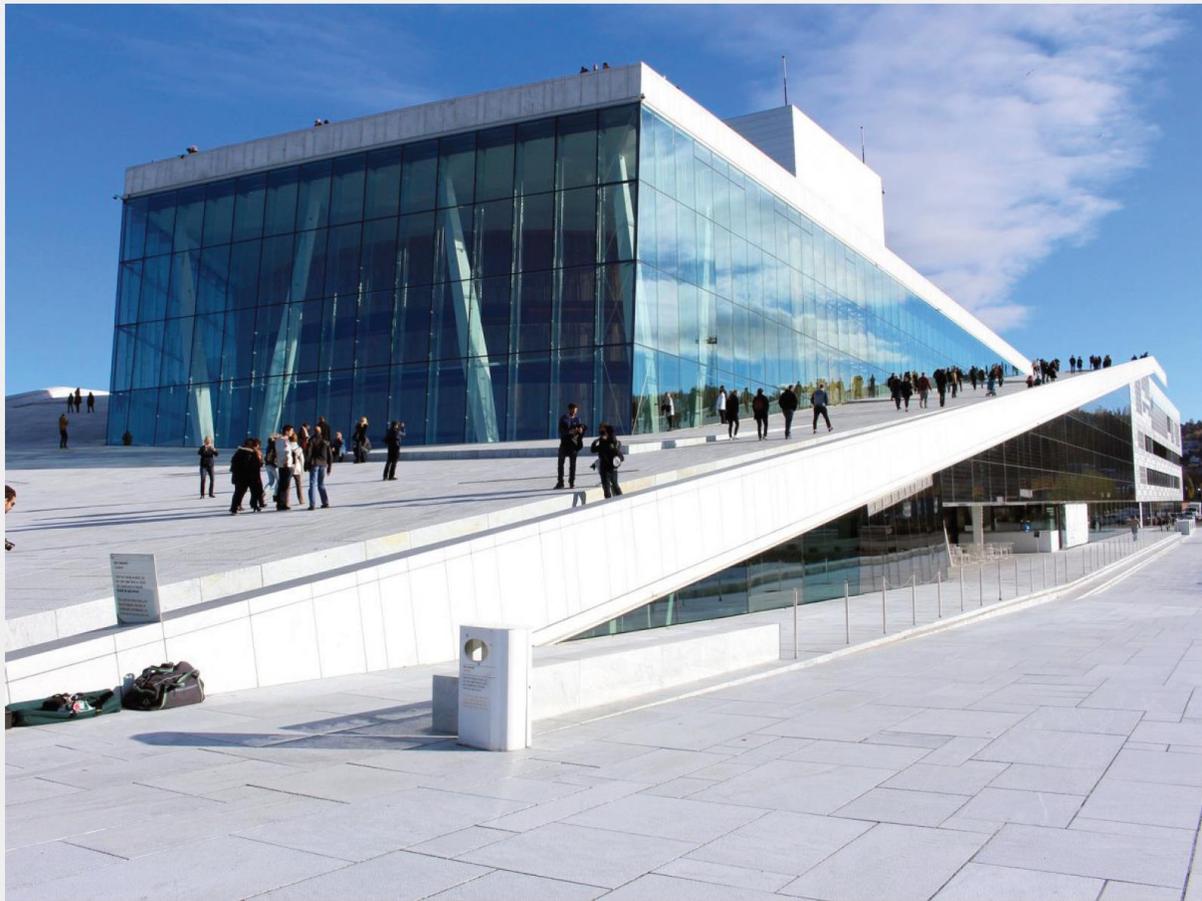
| | | | | | | | |
|-------|--|--|------|--|--|--|---|
| 10-12 | | | 0-2 | | | | Construction légères, couvertures à revêtements réfléchissants et vide d'air. |
| | | | 3-12 | | | | |
| 0-9 | | | 0-5 | | | | Légère et bien isolée |
| | | | 6-12 | | | | Construction massive, décalage horaire supérieur à 08 heures |

9. Espaces extérieurs

| | | | | | | | |
|--|--|------|--|------|--|--|--|
| | | | | 1-12 | | | Emplacement pour le sommeil en plein air |
| | | 1-12 | | | | | Drainage approprié des eaux de pluie |
| | | 3-12 | | | | | |



TOIT FRAIS



Oslo Opera
House Snøhetta
Kirsten Flagstrads Plass 1, Oslo, Norvège
Image dans le domaine public



ABRI DE LA TERRE



École d'art, de design et de médias; Nanyang Technological University
CPG Consultants 50
Nanyang Avenue, Singapour Crédit: Venet Osmani. Sous licence Creative Commons.





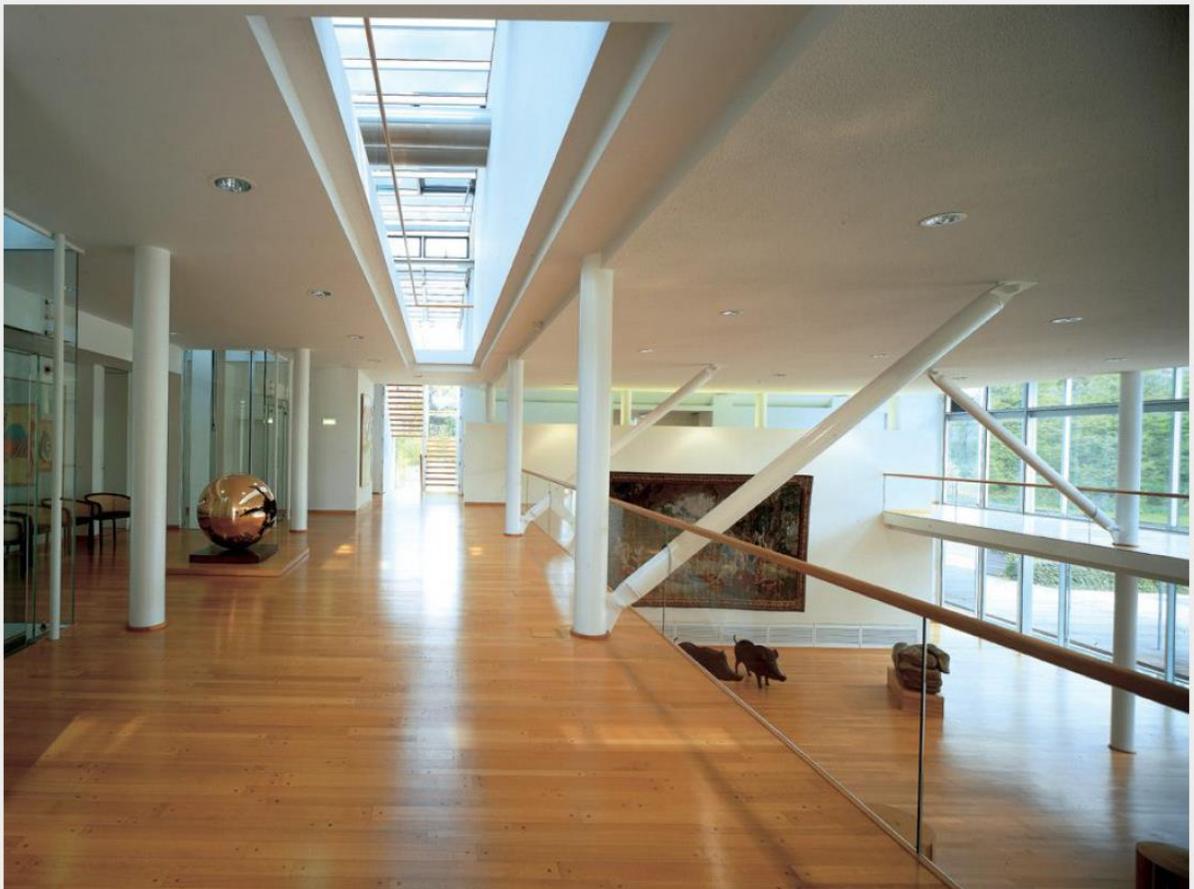
GAIN DIRECT : VITRAGE



Rocky Mountain
Institute ZGF Architects
Basalt, Colorado, États-Unis
Crédit: Tim Griffith



LUMIÈRE DU JOUR DE PLUSIEURS CÔTÉS



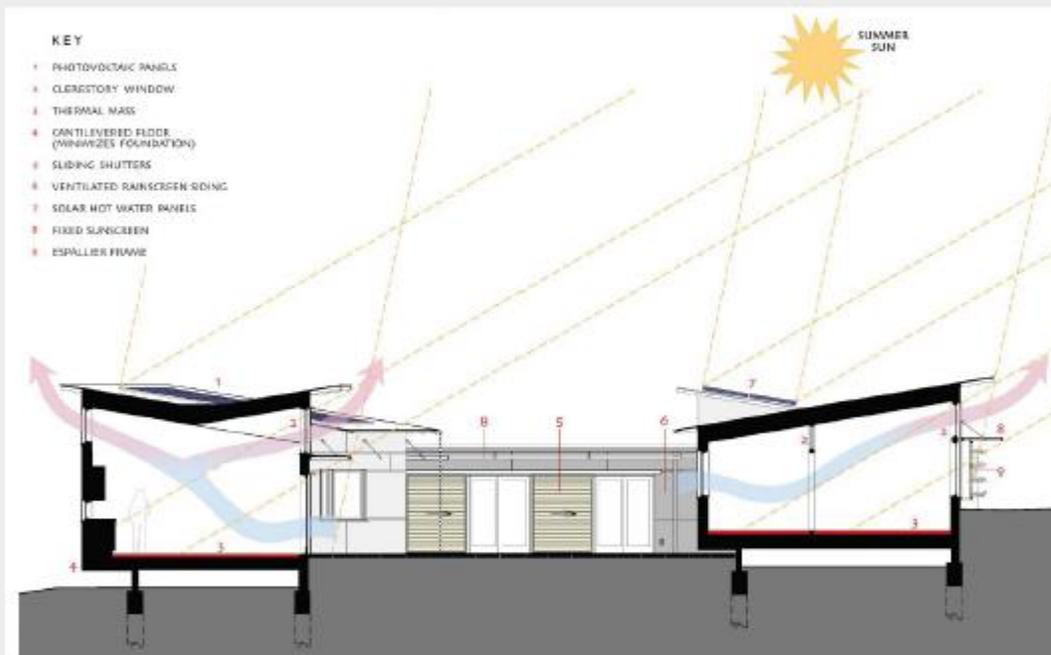
Nouveau siège social
d'une société
financière Philippe Samyn et associés 12 rue de la Blanche Borne, Gerpinnes, Belgique
Crédit: Marc Detiffe





2030
PALETTE

REFROIDISSEMENT DE L'ÉVENT DE NUIT



EAST-WEST SECTION

High Performance

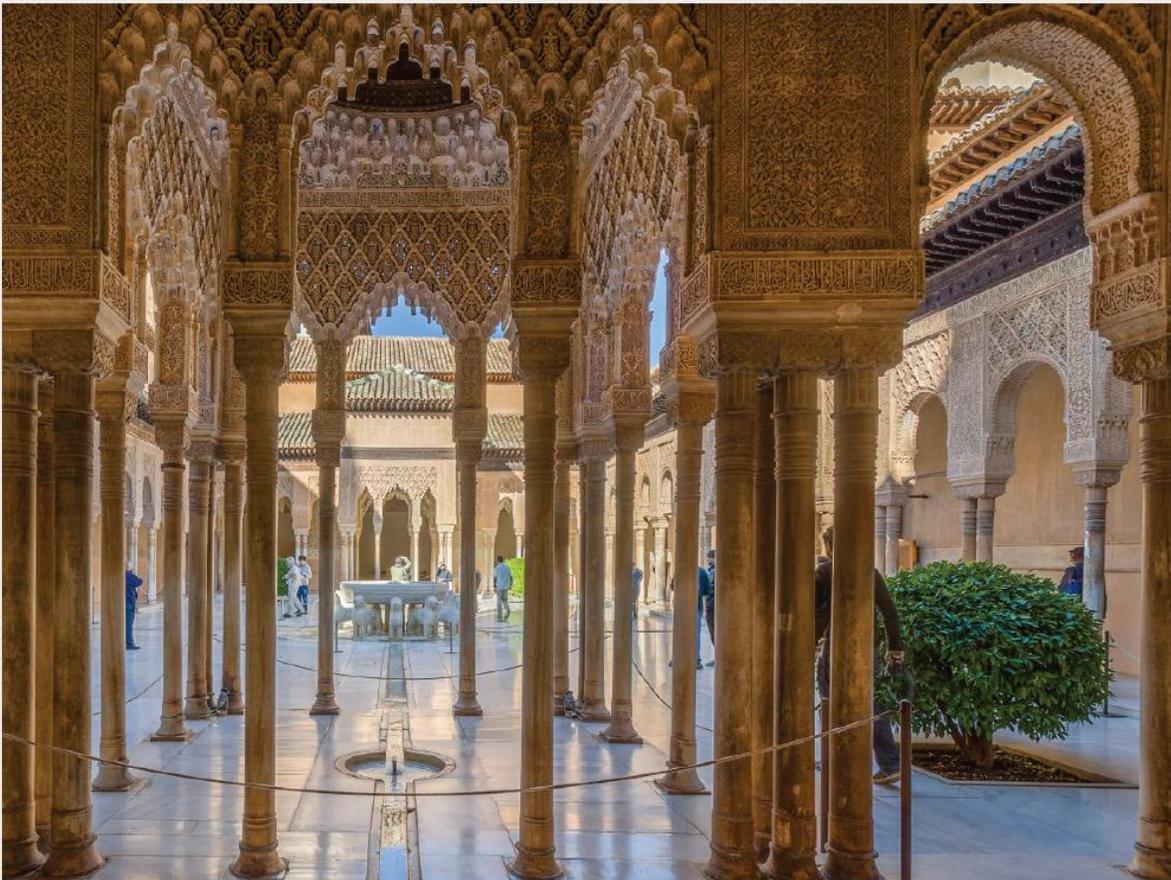
Courtyard House

Arkin Tilt Palo

Alto, California, États-Unis Crédit: Arkin Tilt



FORMULAIRE DE REFROIDISSEMENT



Alhambra, Genralife et

Albayzin

Granada, Espagne Crédit: Tuxyso. Sous licence Creative Commons.



TOURS DE REFROIDISSEMENT PAR ÉVAPORATION



Animal Campus Dog

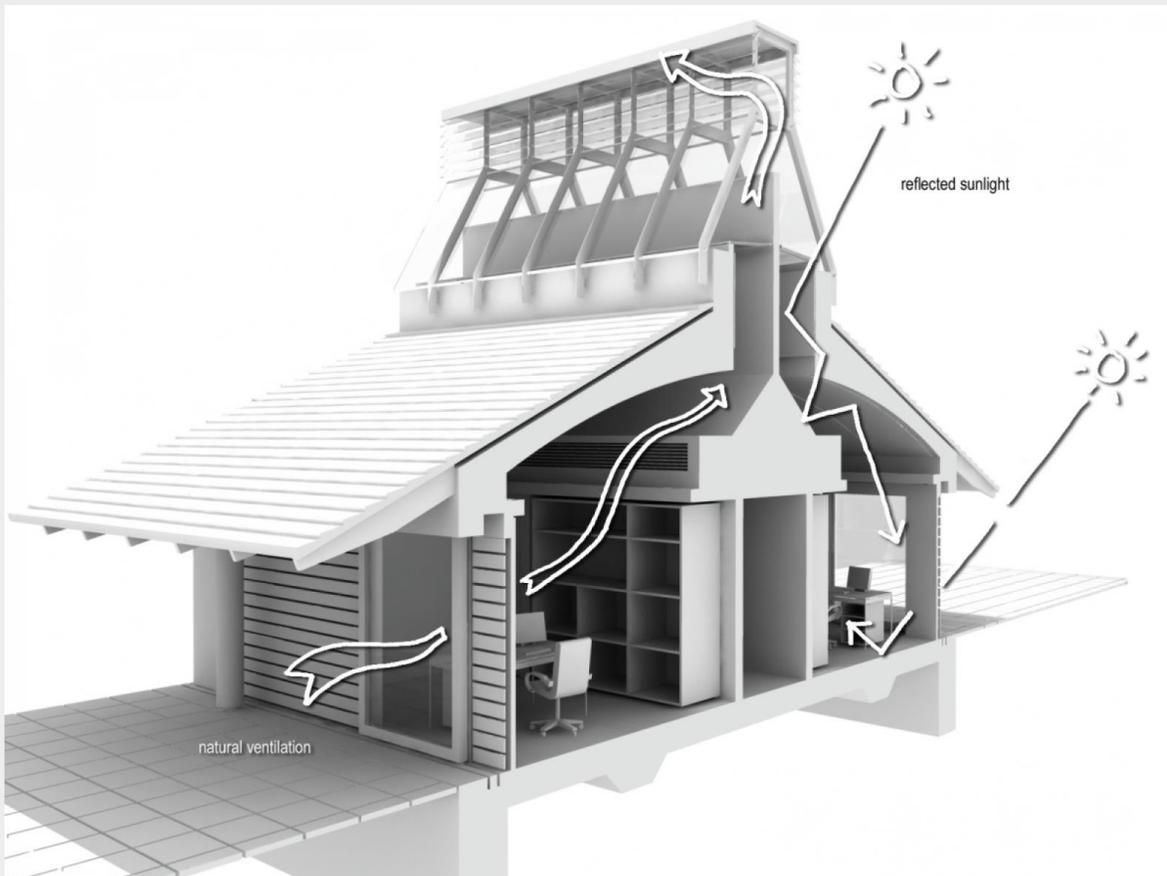
Adoption Park Tate

Snyder Kimsey Architects

Las Vegas, Nevada, États-Unis Crédit: Tom Tonner (www.tombonnerphotography.com)



VENTILATION DE PILE



British High
Commission Richard
Murphy Architects
Ltd Colombo, Sri Lanka Crédit: David Morris / Richard Murphy Architects



VENTILATION DE PILE



New Environmental Office,
Building Research Establishment Feilden Clegg Bradley Studios
Watford, Hertfordshire, Royaume-Uni
Crédit: Dennis Gilbert / Voir les photos



LUMIÈRE DU JOUR SUPÉRIEURE



Hôtel de ville
Bronckorst atelier PRO
Hengelo, Gelderland, Pays-Bas
Crédit: Petra Appelhof. Sous licence Creative Commons



VENTILATION CROISÉE



Morerava Cottages

AATA Arquitectos

Hanga Roa, Île de Pâques, Chili

Crédit: AATA Arquitectos

