



## MÉMOIRE DE MASTER EN ARCHITECTURE

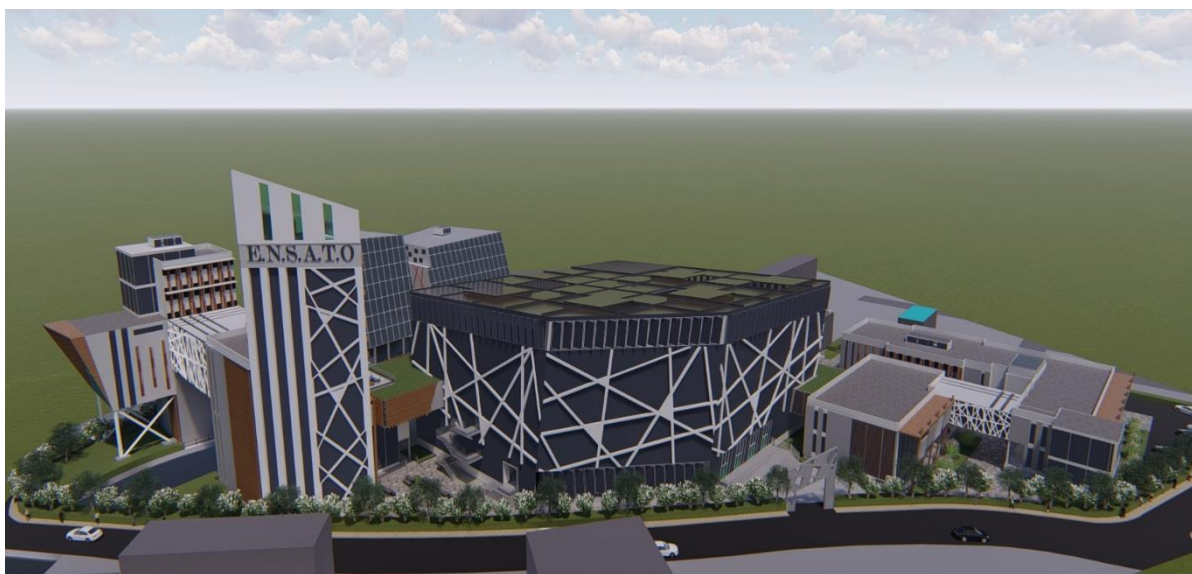
**Option :** Architecture et Environnement

**Atelier :** Architecture Bioclimatique et Efficacité Énergétique

**Thème :**

### ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ART ET D'ARCHITECTURE DE TIZI-OUZOU :

### Éco-Réhabilitation et Extension Bioclimatique de l'Ex-Habitat



**Réalisé par**

M. ADEM Karim

M. MOULLA Aghilès

**Encadré par**

M. DEHMOUS M.

Promotion : 2018/2019.

Soutenu le : 24 Juin 2019 à Tizi-Ouzou.



## MÉMOIRE DE MASTER EN ARCHITECTURE

**Option :** Architecture et Environnement

**Atelier :** Architecture Bioclimatique et Efficacité Énergétique

**Thème :**

**ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ART ET  
D'ARCHITECTURE DE TIZI-OUZOU :  
Éco-Réhabilitation et Extension Bioclimatique de l'Ex-Habitat**

**Réalisé par**

M. ADEM Karim

M. MOULLA Aghilès

**Encadré par**

M. DEHMOUS M.

**Devant le jury composé de :**

M. DEHMOUS

Maître assistant (A)

Rapporteur

M. TOUBAL

Maître assistant (A)

Président de jury

M. ADEM

Maître assistant (A)

Examineur

M<sup>me</sup> MEDDAHI

Maître Assistant (A)

Examinatrice

M. BELKHIR

Architecte

Examineur

Promotion : 2018/2019

Soutenu le : 24 Juin 2019 à Tizi-Ouzou

**Remerciements**

**C'est qu'avec l'aide d'ALLAH le tout puissant qu'on a pu accomplir ce modeste travail,**

*Ce dernier est l'aboutissement d'un long parcours semé d'embûches au sein du département d'architecture de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, certaines personnes nous ont aidés à en arriver là où nous sommes aujourd'hui et à surmonter les divers obstacles rencontrés, nous tenons à les remercier :*

*En commençant par notre encadrant, M. DEHMOUS, pour son sens de l'organisation, le partage de ses diverses connaissances, son suivi et par ses nombreux conseils et critiques constructives. Sans son encadrement, ce travail ne serait pas ce qu'il est aujourd'hui.*

*On remercie aussi les divers enseignants du département d'architecture qui ont participé à notre formation durant ces cinq années d'étude.*

*Nous tâchons à remercier aussi toute l'équipe de la bibliothèque de Tamda et de l'Ex-habitat pour leur disponibilité, patience et compréhension.*

*Sans oublier nos chères familles qui nous ont soutenus dans les bons moments comme dans les mauvais. Leur appui sans failles et leurs encouragements furent les piliers de notre réussite.*

*Pour finir nous tenons à remercier nos amis et nos camarades ainsi que tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail et à la préparation de cette soutenance.*

---

**Dédicaces**

*A peine la rédaction de ce mémoire est terminée que j'ai envie de dédier ce modeste travail à la personne à qui je dois tout : **Ma mère.***

*Mes dédicaces vont également :*

*A mon père, ma sœur pour leurs encouragements et leurs soutiens constants.*

*A l'ensemble de ma famille, mes proches ainsi que mes amis et toute personne qui a contribué à l'élaboration de ce travail.*

*Adem Karim*

---

**Dédicaces**

*Je dédie ce travail à :*

*Mes chers parents, qui, durant ces cinq années m'ont accompagné tout le long de ce parcours. Leur soutien indéfectible et leurs encouragements ont été très précieux.*

*A l'ensemble de ma famille, plus particulièrement ma sœur et mon frère, ainsi qu'à mes nombreuses nièces.*

*A tous ceux qui ont participé et aidé à l'élaboration de ce travail.*

*Moulla Aghilès*

---

## Résumé

L'enseignement de l'architecture à Tizi-Ouzou se fait actuellement au sein du département d'architecture de l'université Mouloud Mammeri. Ce dernier est réparti en deux sites distants d'une dizaine de kilomètres ; le pôle de Tamda accueillant les quatre premiers niveaux et l'Ex-Habitat, annexe située à l'Est de Tizi-Ouzou recevant les étudiants en fin de cycle. L'état de ce dernier est en constante dégradation. Le manque d'entretien et l'usure du temps accentuent sa détérioration et les conditions de travail et de confort s'amenuisent au fil du temps.

Pour remédier à cela, une métamorphose générale du lieu s'impose. Notre proposition de la nouvelle école ENSA repose essentiellement sur des actions de réhabilitation et d'extension. Dès lors, la démarche globale mise en place a été basée sur les principes de l'architecture bioclimatique pour assurer confort et efficacité énergétique. En finalité, nous avons pu imaginer et produire une nouvelle architecture soucieuse des considérations environnementales, de confort, de consommation énergétique mais surtout de forme et de fonctionnement. Ce nouvel ensemble sera composé de blocs pédagogiques qui prendront en charge les études architecturales et artistiques, un laboratoire de recherche pour d'éventuels doctorants ainsi qu'une entité de résidences pour étudiants. L'existant et l'extension forment un tout cohérent, plus contemporain mais respectant toujours la mémoire de ce lieu.

## Mots clés

Confort Thermique – Efficacité Energétique – Architecture Bioclimatique – Réhabilitation – Extension – Ex-Habitat

## Tables des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>I</b>
<b>Dédicaces</b> .....	<b>II</b>
<b>Resumé</b> .....	<b>IV</b>
<b>Tables des matières</b> .....	<b>V</b>
<b>Table des figures</b> .....	<b>XII</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
DEMARCHE MÉTHODOLOGIQUE .....	<b>5</b>
STRUCTURATION DU MÉMOIRE .....	<b>6</b>
<b>CHAPITRE I. CONNAISSANCE DES SITES ET ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT</b> .....	<b>9</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>8</b>
<b>I.1 CONNAISSANCE DES SITES</b> .....	<b>8</b>
<b>I.1.1 Présentation de la ville de Tizi-Ouzou</b> .....	<b>8</b>
I.1.1.1 Situation de la ville.....	9
I.1.1.2 Limites administratives et naturelles .....	9
a) Limites Administratives.....	9
b) Limites Naturelles .....	10
I.1.1.3 Accessibilité de la ville.....	10
I.1.1.4 Relief et environnement naturel de la ville .....	11
a) Relief .....	11
b) Environnement Naturel.....	11
➤ Végétation.....	11
➤ Hydrographie .....	12
I.1.1.5 Vocation et caractéristique de la ville de Tizi-Ouzou.....	12
I.1.1.6 Lecture Diachronique de la ville de Tizi-Ouzou .....	12
I.1.1.7 Etude Climatique de la ville de Tizi-Ouzou .....	14
a) Données météorologiques .....	14
➤ Températures.....	14
➤ Humidité.....	15
➤ Ensoleillement.....	18
➤ Précipitation.....	18
➤ Vents.....	19
Synthèse des Données météorologiques.....	21
b) Diagramme Bioclimatique de Givoni .....	21
➤ Lecture du Diagramme .....	22
➤ Diagramme De Givoni De la ville de Tizi-Ouzou.....	22
Synthèse et Interprétation du diagramme .....	23
Synthèse des données climatiques et du diagramme de Givoni .....	24
c) Diagramme Solaire .....	25
➤ Les coordonnées angulaires du soleil .....	25
➤ Diagramme solaire du site d'intervention .....	26
Synthèse .....	26
I.1.1.8 Lecture Synchronique de la ville.....	27
<b>I.1.2. ANALYSE DU CONTEXTE REDUIT</b> .....	<b>28</b>
I.1.2.1. Présentation du site et de la structure existante.....	28
I.1.2.2. Situation et accessibilité .....	28

a)	Situation.....	28
b)	Accessibilité.....	28
I.1.2.3.	Analyse de l'environnement immédiat et de la structure existante.....	29
a)	Analyse de l'environnement naturel/physique immédiat.....	29
➤	Morphologie et Topographie.....	29
➤	Végétation.....	29
➤	Hydrologie.....	30
➤	Cadre Visuel et paysage.....	30
b)	Analyse de l'environnement bâti immédiat.....	31
c)	Analyse de la structure existante.....	32
➤	Analyse fonctionnelle.....	32
➤	Analyse formelle et analyse des façades.....	34
➤	Diagnostic structurelle.....	35
➤	Analyse des confort.....	35
•	Diagnostic thermique.....	35
-	L'orientation et le ratio vitrage /murs opaques.....	36
-	L'enveloppe du bâtiment.....	37
•	Diagnostic acoustique.....	38
•	Diagnostic Visuel.....	39
➤	Récapitulation de l'analyse de la structure existante.....	40
➤	Synthèse de l'analyse de la structure existante.....	40
I.1.2.4.	Etude bioclimatique du site d'intervention.....	41
a)	Analyse de l'ensoleillement.....	41
b)	Analyse des vents.....	45
c)	Analyse de l'humidité.....	45
d)	Carte récapitulative des données microclimatique.....	46
<b>I.2</b>	<b>IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....</b>	<b>47</b>
I.2.1	Définition.....	47
I.2.2	Objectifs d'études d'impacts.....	47
a)	Les objectifs immédiats de l'ÉIE.....	47
b)	Les objectifs à long terme de l'ÉIE.....	47
I.2.3	Impacts environnementaux.....	47
I.2.4.	Mesures d'atténuation et de compensation d'une EIE.....	48
I.2.5.	Plans de gestion Environnemental.....	49
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>52</b>
<b>CHAPITRE II.</b>	<b>THEMATIQUES DU PROJET.....</b>	<b>53</b>
	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>54</b>
<b>II.1.</b>	<b>ETAT DE L'ART DES NOTIONS DE REHABILITATION ET D'EXTENSIONS.....</b>	<b>54</b>
<b>II.1.1.</b>	<b>Réhabilitation architecturale : Recréer dans l'existant.....</b>	<b>54</b>
II.1.1.1.	Les degrés d'une réhabilitation architecturale.....	55
II.1.1.2.	La démarche d'une réhabilitation architecturale.....	55
II.1.1.3.	Les techniques d'une réhabilitation architecturale.....	56
a)	Entretien des toitures.....	56
b)	Ravalement de façades.....	56
➤	Pathologies des façades.....	56
Nettoyage des façades.....	57	
➤	Le ravalement de façade.....	57
c)	Etanchéité et traitement de l'humidité.....	58
d)	Redistribution des espaces intérieurs.....	59
➤	Cloisons de distribution.....	59
➤	Cloisons de séparation.....	59
<b>II.1.2.</b>	<b>Réhabilitation thermique.....</b>	<b>59</b>

II.1.2.1 La réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâti.....	59
a) Les parois opaques verticales.....	59
b) Les planchers.....	59
c) Les fenêtres.....	59
II.1.2.2. L'isolation thermique au service du confort thermique.....	60
a) L'isolation par l'intérieur.....	60
b) L'isolation répartie.....	60
c) L'isolation par l'extérieur.....	61
<b>II.1.3. L'éco-réhabilitation ou la réhabilitation durable.....</b>	<b>61</b>
II.1.3.1. Définitions et notions.....	61
II.1.3.2. Enjeux et Objectifs.....	62
a) Construction verte.....	62
b) Gestion harmonieuse.....	62
c) Confort sain.....	62
d) Hygiène et Santé.....	62
<b>II.1.4. L'extension architecturale.....</b>	<b>62</b>
II.1.4.1. Les types d'extensions architecturales.....	62
a) Extension en continuité historique.....	62
b) Extension contemporaine.....	62
c) Extension accolée ou dissociée.....	63
<b>II.1.5. Extension bioclimatique.....</b>	<b>63</b>
<b>II.2. VOCATION FONCTIONNELLE DU PROJET.....</b>	<b>64</b>
<b>II.2.1. Enseignement supérieur et recherche scientifique.....</b>	<b>64</b>
II.2.1.1. Notions et historique.....	64
II.2.1.2. Enseignement supérieur en Algérie.....	65
II.2.1.3. Enseignement supérieur à Tizi-Ouzou.....	65
II.2.1.4. Instituts et Ecoles d'architecture.....	66
a) Notions et historique.....	66
b) Etablissement d'enseignement de l'architecture en Algérie.....	66
c) Etablissement d'enseignement de l'architecture à Tizi-Ouzou.....	67
d) Espaces d'accompagnement des établissements d'enseignement supérieur.....	67
➤ Les placettes.....	67
➤ Espaces de stationnement.....	67
➤ Les jardins.....	67
➤ Les restaurants universitaires.....	67
➤ Les Infirmeries.....	68
➤ Les Résidences pour étudiants.....	68
e) Exigences et spécificités spatiales des écoles d'architecture.....	69
➤ Espaces spécifiques aux écoles d'architecture.....	69
➤ Exigence des espaces.....	70
<b>II.2.2. Analyse d'exemples référentiels.....</b>	<b>72</b>
II.2.2.1. ENSA de Marseille.....	72
a) Situation et caractéristiques du site.....	72
b) Historique et contexte d'émergence.....	73
c) L'extension.....	73
d) Le fonctionnement.....	74
e) Qualités et carences bioclimatiques.....	76
f) Synthèse.....	77
II.2.2.2. Faculté d'architecture de Porto.....	78
a) Présentation.....	78
b) Contexte et caractéristique du site.....	78
c) Historique et contexte d'émergence.....	79
d) Idéation.....	79

e) Formalisation et Fonctionnement.....	79
f) Qualités et carences bioclimatiques.....	82
g) Synthèse.....	83
II.2.2.3 Synthèse de l'analyse des exemples.....	83
II.2.2.4 Programme Prévisionnel .....	84
<b>SYNTHESE DES THEMATIQUES D'INTERVENTIONS ET DE LA VOCATION FONCTIONNELLE DU PROJET .....</b>	<b>84</b>
<b>II.3. BIOCLIMATISME ET DEMARCHES ENVIRONNEMENTALES : NOTIONS ET PRECEPTES.....</b>	<b>85</b>
<b>II.3.1. Le développement durable .....</b>	<b>85</b>
II.3.1.1. Définitions et historique .....	85
II.3.1.2. Objectifs et Piliers du développement durable.....	86
II.3.1.3. Architecture Durable.....	87
<b>II.3.2. Architecture Bioclimatique .....</b>	<b>87</b>
II.3.2.1 Histoire.....	87
II.3.2.2. Objectifs et enjeux .....	88
<b>II.3.3. Le confort thermique.....</b>	<b>88</b>
II.3.3.1 Notions du confort thermique .....	88
II.3.3.2. Aspects du confort thermique.....	88
a) Aspects physiologiques.....	88
b) Aspect Physique .....	89
c) Aspect psychologique.....	89
d) Aspect sensoriel .....	89
II.3.3.3 Paramètres influençant le confort thermique .....	90
a) Le métabolisme .....	90
b) L'habillement .....	90
c) La Température ambiante de l'Air Ta .....	91
d) La Température des Parois Tp.....	91
e) L'humidité relative de l'air (H <sub>r</sub> ).....	91
f) La vitesse de l'air .....	91
<b>II.3.4 Principes et démarches d'architecture bioclimatique .....</b>	<b>92</b>
II.3.4.1 Principes de l'architecture bioclimatique .....	92
a) Implantation et intégration au site .....	92
b) Orientation et agencement des espaces.....	92
c) Forme et configuration architecturale.....	92
d) Matériaux et couleur des parois.....	93
II.3.4.2 Démarches bioclimatiques.....	93
a) Stratégie du chaud .....	93
b) Stratégie du froid.....	94
II.3.4.3 Procédés bioclimatiques.....	94
a) Procédés bioclimatiques passifs .....	94
➤ Confort d'hiver.....	94
➤ Confort d'été.....	96
• Les protections solaires .....	96
• Rafrachissement passif par ventilation naturelle.....	98
- Par effet de vent (Ventilation transversale) .....	98
- Par thermo-circulation.....	98
- Captage par tour à vent.....	98
- Captage par puits provençal.....	99
b) Procédés bioclimatiques actifs.....	99
II.3.4.5 Apport des nouvelles technologies.....	100
<b>II.3.5. Efficacité énergétique dans le bâtiment .....</b>	<b>102</b>
II.3.5.1. Définition et histoire .....	102
II.3.5.2. Leviers d'efficacité énergétique.....	104
II.3.5.3. Energies renouvelables.....	104

II.3.5.4. Modèle d'efficacité énergétique en Algérie.....	105
a) CDER .....	106
b) CNERIB .....	107
<b>II.3.6. Démarches Environnementales et labels énergétiques .....</b>	<b>107</b>
II.3.6.1. Définitions et histoire.....	107
II.3.6.2 Enjeux et objectifs .....	108
II.3.6.3 Différents labels énergétiques.....	108
II.3.6.4 Pourquoi choisir HQE.....	108
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>109</b>
<b>CHAPITRE III. ARCHITECTURE &amp; ASPECT BIOCLIMATIQUE DU PROJET .....</b>	<b>110</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>111</b>
<b>III.1 SYNTHETISATION DES DONNES ET CREATION DU PROJET .....</b>	<b>112</b>
III.1.1 Récapitulatif sur le contexte global et réduit.....	112
III.1.2 Récapitulatif des données bioclimatiques et microclimatiques du site.....	112
III.1.3 Récapitulatif des thématiques.....	113
<b>III.2 SCHEMA DE PRINCIPES .....</b>	<b>113</b>
<b>III.3 IDEATION ET NAISSANCE DU PROJET .....</b>	<b>114</b>
III.3.1 Idée Fédératrice .....	114
III.3.2 Philosophie du projet .....	114
➤ Rapport entre métamorphose et l'ex-habitat.....	115
III.3.3 Concepts opératoires.....	115
<b>III.4 MATERIALISATION DU PROJET.....</b>	<b>116</b>
<b>III.4.1 Formalisation et concrétisation du projet .....</b>	<b>116</b>
III.4.1.1 Evolution et genèse du projet (Description formelle) .....	116
➤ Evolution Volumétrique .....	117
<b>III.4.2 Description des différents aspects du projet.....</b>	<b>118</b>
III.4.2.1. Description fonctionnelle du projet.....	118
a) Affectation fonctionnelle des différents blocs du projet .....	118
b) Description des parcours des usagers .....	118
c) Description des différentes entités du projet .....	119
d) Description des façades.....	124
➤ L'apport du bioclimatisme.....	124
➤ Clin d'œil à l'existant .....	124
➤ Dialogue entre contemporain et traditionnel par les matériaux .....	125
e) Le choix du système constructif.....	125
➤ Superstructure .....	125
• Structure en Béton armé.....	125
• Structure métallique .....	126
• Structure mixte.....	127
➤ Infrastructure.....	128
<b>SYNTHESE .....</b>	<b>128</b>
<b>III.5. PROCESSES ET TECHNIQUES BIOCLIMATIQUES DU PROJET.....</b>	<b>129</b>
<b>III.5.1. Réhabilitation thermique.....</b>	<b>129</b>
III.5.1.1. Réhabilitation thermique des parois opaques .....	129
a) Isolation thermique de l'enveloppe extérieure en façades Nord.....	130
b) Optimisation du captage solaire passif en façade Sud par Double Peau .....	130
III.5.1.2. Réhabilitation thermique des parois transparentes.....	130
III.5.1.3. Réhabilitation thermique des couvertures (plancher terrasse) .....	131
III.5.1.4. Réhabilitation thermique des planchers intermédiaires.....	131
a) Isolation thermique des planchers bas .....	131
b) Isolation thermique des planchers intermédiaires.....	131

III.5.1.5. Réhabilitation thermique des parties communes .....	132
a) Conception d'atriums .....	132
<b>III.5.2. Aspect bioclimatique, performances et efficacité énergétique du projet .....</b>	<b>133</b>
III.5.2.1. Bases Bioclimatiques du projet .....	133
a) Gestion du gisement solaire : Zoning microclimatique.....	134
b) Orientation du projet.....	134
c) Comportement des vents suivant la composition volumétrique du projet : Effets aérodynamiques .....	134
➤ Dispositifs et Régulateurs Naturels : Microclimat (Végétation associée aux fins plans d'eau) ....	134
➤ Effet Venturi .....	135
➤ Effet de trou sous immeuble .....	136
➤ Effet de canalisation .....	136
➤ Effet de coin.....	136
➤ Effet inspiré du phénomène de couche limite .....	136
d) Choix des matériaux de construction et couleurs des parois.....	137
➤ Polycarbonate alvéolaire translucide .....	137
➤ Isolants (Panneaux de roseaux) .....	137
➤ Briques creuses .....	137
➤ Simple cloison en brique de 15cm.....	137
➤ Matériau accumulateur .....	138
➤ Verre.....	138
e) Couleur des parois.....	138
f) Zonage thermique.....	138
III.5.2.2. Stratégies Bioclimatiques.....	138
a) Procédés passifs .....	141
➤ Stratégie du chaud.....	142
• Serre Bioclimatique : Cocon bioclimatique.....	142
- Pertinence du choix.....	142
- Mise en œuvre et fonctionnement dans le projet.....	142
▪ Conduction.....	143
▪ Convection.....	143
• Façade double peau .....	145
- Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet.....	145
▪ Rayonnement radiatif .....	145
▪ Convection naturelle.....	146
• Murs capteurs accumulateurs.....	146
- Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet.....	146
▪ Rayonnement radiatif .....	147
▪ Convection .....	147
• La Géothermie .....	148
• Puits canadiens.....	149
➤ Stratégie de froid.....	151
• Protections solaires .....	151
- Débords de toiture horizontaux.....	151
▪ Brises soleils verticaux .....	152
▪ Stores anti-chaueur.....	152
▪ Double Toiture Ventilée .....	153
• Rafraichissement passif par ventilation naturelle.....	154
- Effet de vent (Ventilation transversale).....	154
- Thermo circulation de l'air .....	155
- Tour à Vent.....	157
- Vis d'Archimède revisitée (Renversées) .....	158
• La Géothermie .....	158

---

• Puits provençaux.....	159
<b>b)</b> Procédés bioclimatiques passifs indirects .....	160
➤ Panneaux Solaires Hybrides et plancher réversibles .....	160
➤ V.M.C (Double Flux) .....	161
➤ Apport de la pompe à chaleur (PAC) .....	161
➤ Déstratificateurs thermiques .....	161
<b>c)</b> Apport des nouvelles technologies .....	162
➤ Nouveaux Vitrages : vitrage thermochromique.....	162
➤ Apport de la domotique .....	162
➤ Apport des matériaux à changement de phase (MCP).....	162
<b>d)</b> Gestion écologique du projet.....	162
➤ Tri sélectif des déchets .....	162
➤ Récupération des eaux pluviales .....	163
➤ Valorisation des déchets organiques par compostage.....	163
➤ Production d'électricité par la marche des étudiants .....	163
➤ Production et déplacement de chaleur .....	164
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>166</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>167</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	
<b>ANNEXES</b>	

## Table des figures

Fig. I. 1 : Vue d'ensemble sur la Ville de Tizi-Ouzou.....	8
Fig. I. 2 : Situation de la Ville à échelle nationale.....	9
Fig. I. 3 : Situation de la wilaya de T.O par rapport à la région Nord Centre du pays.....	9
Fig. I. 4 : Communes limitrophes de la ville T.O.....	9
Fig. I. 5 : Limites Naturelles De La Ville De T.O.....	10
Fig. I. 6 : Gare Ferroviaire de T.O.....	10
Fig. I. 7 : Carte D'accessibilité à la ville de T.O.....	10
Fig. I. 8 : Position de la ville de T.O par rapport aux deux monts Belloua et Hasnaoua.....	11
Fig. I. 9 : Coupe schématique du relief de la ville.....	11
Fig. I. 10 : Couvert Végétal de La Wilaya de T.O.....	11
Fig. I. 11 : Carte Hydrographique De T.O.....	12
Fig. I. 12 : Secteurs de La Commune de T.O.....	12
Fig. I. 13 : Le passage Romain.....	13
Fig. I. 14 : Processus du Développement de La Ville en Période Ottomane.....	13
Fig. I. 15 : La Formation du 1 <sup>er</sup> Village Colonial.....	13
Fig. I. 16 : Extension du Village Colonial.....	13
Fig. I. 17 : Le Passage du village à la ville.....	13
Fig. I. 18 : 1er Eclatement de la ville.....	13
Fig. I. 19 : L'éclatement amorcé de la Ville en 1968.....	13
Fig. I. 20 : L'éclatement de la ville de T.O. après l'implantation de la ZHUN.....	13
Fig. I. 21 : Moyennes Mensuelles des Températures Moyennes, Minimales et Maximales de la ville de T.O entre 2008 et 2018.....	14
Fig. I. 22 : Moyennes mensuelles d'humidité relative moyenne de T.O entre 2008/2018.....	16
Fig. I. 23 : Relation entre les températures moyennes et l'humidité relative moyenne de T.O.....	17
Fig. I. 24 : Relation entre les températures moyennes et l'humidité relative moyenne d'Alger.....	17
Fig. I. 25 : Relation entre les températures moyennes et l'humidité relative moyenne d'Ouargla.....	17
Fig. I. 26 : Moyennes mensuelles des durées d'insolation à T.O entre 2008/2018.....	18
Fig. I. 27 : Moyennes mensuelles des cumuls de précipitation à T.O entre 2008-2018.....	19
Fig. I. 28 : Rose Des Vents pour la Ville de T.O.....	19
Fig. I. 29 : Source des vents dans la ville de T.O.....	19
Fig. I. 30 : Moyennes Mensuelles de la vitesse des vents à T.O entre 2008-2018.....	20
Fig. I. 31 : Différentes zones d'un diagramme psychométrique.....	21
Fig. I. 32 : Course du soleil durant la journée.....	25
Fig. I. 33 : Coordonnées angulaires du soleil.....	25
Fig. I. 34 : Diagramme solaire de la ville de T.O.....	25
Fig. I. 35 : Diagramme Solaire du Site d'intervention.....	26
Fig. I. 36 : Trame Urbaine de 1er Tissu.....	27
Fig. I. 37 : Hiérarchisation du système Viaire du 1 <sup>er</sup> Tissu.....	27
Fig. I. 38 : Découpage Foncier du 1 <sup>er</sup> Tissu.....	27

Fig. I. 39 : Occupation du bâti dans le 1 <sup>er</sup> tissu.....	27
Fig. I. 40 : La Trame Urbaine du 2 <sup>ème</sup> Tissu. ....	27
Fig. I. 41 : Hiérarchisation du système Viaire du 2 <sup>ème</sup> Tissu. ....	27
Fig. I. 42 : Découpage Foncier du 2 <sup>ème</sup> Tissu. ....	27
Fig. I. 43 : Occupation du bâti dans le 2 <sup>ème</sup> tissu. ....	27
Fig. I. 44 : Trame Urbaine du 3 <sup>ème</sup> Tissu. ....	27
Fig. I. 45 : Système Viaire du 3 <sup>ème</sup> Tissu.....	27
Fig. I. 46 : Découpage Foncier du 3 <sup>ème</sup> Tissu. ....	27
Fig. I. 47 : Occupation du bâti dans le 3 <sup>ème</sup> tissu. ....	27
Fig. I. 48 : Localisation de l'Ex-Habitat. ....	28
Fig. I. 49 : Accessibilité au site. ....	28
Fig. I. 50 : Coupe longitudinale sur la parcelle d'intervention. ....	29
Fig. I. 51 : Coupe transversale sur la parcelle d'intervention. ....	29
Fig. I. 52 : Typologie de la végétation dans le site. ....	29
Fig. I. 53 : Différentes typologies de végétation présente sur le site ....	29
Fig. I. 54 : Cheminement du cours d'eau dans la parcelle accompagné d'illustrations.....	30
Fig. I. 55 : Végétation Dense et obstacles visuels présents du coté Nord.....	30
Fig. I. 56 : Vue dégagée sur deux constructions et de la végétation éparse du coté Ouest. ....	30
Fig. I. 57 : Vue sur la cité universitaire et de la végétation dense en arrière plan du coté Est. ....	30
Fig. I. 58 : Vue dégagée sur terrain agricole du coté Sud-Est et des batiments faisant office d'obstacles visuels du coté Sud-Ouest. ....	30
Fig. I. 59 : Carte du cadre bâti environnant l'ex-Habitat.....	31
Fig. I. 60 : Immeuble collectif en construction au Nord, R+9.....	31
Fig. I. 61 : Immeuble collectif en construction au Nord, R+6.....	31
Fig. I. 62 : Immeuble collectif en construction au Nord, R+6.....	31
Fig. I. 63 : Subdivision des travaux publics de T-O, au Nord-Est, R+1.....	31
Fig. I. 64 : Cité Universitaire de l'Ex Habitat à l'Est, R+1.....	31
Fig. I. 65 : Briqueterie de plein pied au Sud-Est.....	31
Fig. I. 66 : Atelier de plein pied au Sud.....	31
Fig. I. 67 : Habitat collectif au Sud, R+2 à R+8.....	31
Fig. I. 68 : Carte de zone d'étude.....	32
Fig. I. 69 : Plan du RDC et du 1er étage du Bloc A de l'Ex-Habitat.....	32
Fig. I. 70 : Plan courant du "Bloc B" de l'Ex-Habitat. ....	33
Fig. I. 71 : Evaluation des espaces existants par les étudiants. ....	33
Fig. I. 72 : Façade Nord-Est du "Bloc A" - Ex-Habitat.....	34
Fig. I. 73 : Typologie Structurale de l'habitat. ....	35
Fig. I. 74 : Evaluation du confort thermique au sein des ateliers durant les deux périodes selon les étudiants. ....	36
Fig. I. 75 : Causes de surchauffe des ateliers orientés Sud.....	36
Fig. I. 76 : Fenêtre à simple vitrage non isolée.....	37
Fig. I. 77 : Différents Modes de transfert de chaleur. ....	37

Fig. I. 78 : Moisissure des parois causée par humidité .....	37
Fig. I. 79 : Carte du confort acoustique à L'Ex-Habitat. ....	38
Fig. I. 80 : Evaluation du confort acoustique au sein des ateliers par les étudiants .....	38
Fig. I. 81 : Faible éclairage du hall orienté Nord-Est.....	39
Fig. I. 82 : Végétation sauvage sur le site. ....	39
Fig. I. 83 : Evaluation du confort visuel au sein des ateliers.....	39
Fig. I. 84 : Course du soleil du 21 Décembre à T.O. ....	41
Fig. I. 85 : Course du soleil du 21 Novembre à T.O. ....	41
Fig. I. 86 : Course du soleil du 21 Novembre à T.O. ....	41
Fig. I. 87 : Insolation du site le 21/12. ....	42
Fig. I. 88 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Décembre. ....	42
Fig. I. 89 : Insolation du site le 21/11 .....	42
Fig. I. 90 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Novembre. ....	42
Fig. I. 91 : Insolation du site le 21/02. ....	42
Fig. I. 92 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Février. ....	42
Fig. I. 93 : Insolation du site le 21/12. ....	43
Fig. I. 94 : Profondeurs d'ombrages de taux d'insolation de la parcelle le 21 Décembre. ....	43
Fig. I. 95 : Insolation du site le 21/11 .....	43
Fig. I. 96 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Novembre. ....	43
Fig. I. 97 : Insolation du site le 21/02. ....	43
Fig. I. 98 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Février. ....	43
Fig. I. 99 : Carte récapitulatif du taux d'Ombrage durant le jour du 21 Décembre. ....	44
Fig. I. 100 : Diverses zones ensoleillées de la parcelle durant le jour du 21/12, en fonctions des heures. ....	44
Fig. I. 101 : Schéma d'acheminement des vents autour du site.....	45
Fig. I. 102 : Acheminement des vents autour du site Ex-Habitat .....	45
Fig. I. 103 : Synthèses des données microclimatiques. ....	46
Fig. II. 1: Salle d'eau d'un HLM réhabilité, Bruxelles, Belgique. Avant/Après.....	54
Fig. II. 2: Démarche d'une réhabilitation architecturale. ....	55
Fig. II. 3: Réfection de l'étanchéité d'une toiture terrasse.....	56
Fig. II. 4 : Dégradation des joints. ....	57
Fig. II. 5: Fissure de l'enduit.....	57
Fig. II. 6: Décollement de peinture. ....	57
Fig. II. 7: Pollution urbaine. ....	57
Fig. II. 8 : Efflorescence. ....	57
Fig. II. 9: Changement de couleur. ....	57
Fig. II. 10: Ravalement de façade d'une maison individuelle Avant - Après.....	57
Fig. II. 11 : Réhabilitation des logements sociaux du Square Vitruve, avec peau rapportée. ....	58
Fig. II. 12 : Pose d'une peau isolante en panneaux sandwichs sur un mur en béton du Lycée Paul Valéry.....	58
Fig. II. 13: Déperditions thermiques.....	60
Fig. II. 14: Isolation par l'intérieur.....	60
Fig. II. 15: Isolation répartie (béton cellulaire).....	60
Fig. II. 16 : Isolation de l'extérieur. ....	61
Fig. II. 17 : Extension en continuité historique .....	62
Fig. II. 18: Extension contemporaine.....	62

Fig. II. 19: Extension accolée.....	63
Fig. II. 20: Réhabilitation bioclimatique d'une maison individuelle à Pont Celles, Belgique.....	63
Fig. II. 21: Réhabilitation et extension bioclimatique de l'ENSA de Strasbourg, 2013.....	63
Fig. II. 22 : « Maison de vie », prémices des universités, Egypte ancienne. ....	64
Fig. II. 23 : Académie de Platon, Enseignement de la Philosophie, Athènes, Grèce antique 367 av. J-C.....	64
Fig. II. 24 : Université de Constantinople, première "université", en 425.....	64
Fig. II. 25 : XIe siècle : Université de Salerne et de Bologne, premières universités médiévales. ....	64
Fig. II. 26 : Université de Lausanne, liée à la religion (Ancienne Académie), 1587. ....	64
Fig. II. 27 : Royal Society, Angleterre, 1660, études supérieures pour les élites.....	64
Fig. II. 28 : Université Paris-Sorbonne, 1971.....	64
Fig. II. 29 : Université internationale de Casablanca, 2014.....	64
Fig. II. 30 : Université d'Alger, Ben Youcef Benkhedda, 1909.....	65
Fig. II. 31 : Pôle universitaire de Hasnaoua, UMMTO.....	65
Fig. II. 32: Pôle universitaire de Bastos, UMMTO.....	65
Fig. II. 33: Ecole d'Architecture du Massachusetts (MIT), U.S.A ; Fumihiko Maki, 2009.....	66
Fig. II. 34: Pôle universitaire de Tamda.....	67
Fig. II. 35: Placette "Larbaa".....	67
Fig. II. 36: Vue sur un parking.....	67
Fig. II. 37: Jardin partagé de l'Université de Bordeaux.....	67
Fig. II. 38: Restaurant du centre universitaire de Tarn-et-Garonne.....	67
Fig. II. 39: Infirmerie de l'Université de Rabat.....	68
Fig. II. 40: Chambre de Résidence.....	68
Fig. II. 41: Chambre, résidence Jussieu, Lyon.....	68
Fig. II. 42: Cuisine collective, salle à manger, CROUS de Caen.....	68
Fig. II. 43: Dimensions adaptées d'aménagement pour personnes à mobilité réduite.....	71
Fig. II. 44: Vue sur l'ENSA de Marseille, France.....	72
Fig. II. 45: Carte de situation de l'ENSA-M.....	72
Fig. II. 46: Vue aérienne sur l'ENSA-M au sein du technopôle.....	72
Fig. II. 47 : Palais des Arts, Place Carli, Marseille.....	73
Fig. II. 48: L'ENSA de Marseille en 1969.....	73
Fig. II. 49: L'extension de l'ENSA-M, 2015.....	73
Fig. II. 50: Plan de masse de l'ENSA-M, 2015.....	73
Fig. II. 51: Plan du RDC de l'ENSA-M.....	74
Fig. II. 52: Plans du 1er et 2ème étage.....	75
Fig. II. 53: Vue sur le treille de l'extension, ENSA-M.....	76
Fig. II. 54: Vue sur le treille de l'extension, ENSA-M.....	76
Fig. II. 55: Bardage ventilé.....	76
Fig. II. 56: Schéma synthétique de l'aspect bioclimatique du projet.....	76
Fig. II. 57: Vue sur l'extension de l'ENSA-M.....	77
Fig. II. 58: Vue sur la coursive extérieure, ENSA-M.....	77
Fig. II. 59: Vue sur la façade Nord de l'extension.....	77
Fig. II. 60 : Faculté d'architecture de Porto.....	78
Fig. II. 61 : Situation de La faculté dans le campus.....	78
Fig. II. 62 : Délimitation de la faculté d'architecture.....	78
Fig. II. 63 : Interface de la faculté D'architecture.....	78
Fig. II. 64 : Détachement de l'enseignement de l'architecture des beaux-arts vers la Fac.....	79
Fig. II. 65 : Idée Primaire de l'architecte.....	79
Fig. II. 66 : Plan du Pavillon Carlos Ramos.....	80
Fig. II. 67 : Relations géométriques entre les entités du projet.....	80
Fig. II. 68 : Dégradé (Jeu) de hauteurs des tours sud.....	81
Fig. II. 69: Répartitions de différentes fonctions de la faculté.....	81
Fig. II. 70 : Vue sur différents protections Soleils.....	82
Fig. II. 71 : Vue sur les Sheds.....	82
Fig. II. 72 : Fonctionnement d'éclairage Naturelle de la bibliothèque.....	82
Fig. II. 73 : Vue sur le revêtement des parcours.....	82
Fig. II. 74: Les piliers du développement durable.....	85

Fig. II. 75: L'architecture bioclimatique.....	87
Fig. II. 76 : Interaction thermique entre le corps humain et son environnement .....	89
Fig. II. 77 : Le métabolisme humain.....	90
Fig. II. 78 : Valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires.....	90
Fig. II. 79 : Température résultante sèche.....	91
Fig. II. 80 : Températures de confort selon la vitesse de l'air .....	91
Fig. II. 81: Paramètres du confort thermique et de l'aspect physique des modes d'échanges de chaleur.....	91
Fig. II. 82: Maison « Malator » semi enterrée, Pays de Galles.....	92
Fig. II. 83: Course apparente du soleil en hémisphère Nord .....	92
Fig. II. 84: Divers effets de vent suivant la configuration architecturale .....	92
Fig. II. 85: Coefficient d'absorption selon la couleur de la paroi.....	93
Fig. II. 86: Stratégie du chaud.....	93
Fig. II. 87: Stratégie du froid.....	94
Fig. II. 88: Principe du mur capteur-accumulateur .....	95
Fig. II. 89: Principe du mur trombe .....	95
Fig. II. 90: Principe d'une façade à double peau .....	95
Fig. II. 91: Serre bioclimatique .....	96
Fig. II. 92 : Principe du puits canadien .....	96
Fig. II. 93: Brise-soleil horizontaux.....	97
Fig. II. 94: Brise-soleil verticaux.....	97
Fig. II. 95: Double toiture ventilée .....	97
Fig. II. 96: Store anti-chaaleur en polyester.....	97
Fig. II. 97: Ventilation par effet de vent.....	98
Fig. II. 98: Thermo-circulation des fluids. ....	98
Fig. II. 99: Tour à vent.....	98
Fig. II. 100: Principe du puits provençal.....	99
Fig. II. 101: Panneaux solaires hybrides .....	99
Fig. II. 102: Plancher réversible .....	99
Fig. II. 103: Apport des déstratificateurs thermiques.....	99
Fig. II. 104: V.M.C à double flux .....	100
Fig. II. 105: Exploitation de la géothermie .....	100
Fig. II. 106: Vitrage thermochromique. ....	100
Fig. II. 107: Principe des matériaux à changement de phase.....	101
Fig. II. 108: Domotique (smart house).....	101
Fig. II. 109 : Consommation énergétique par secteur (2012).....	102
Fig. II. 110: Perspective d'évolution de la demande d'énergie du secteur tertiaire et résidentiel dans le monde	103
Fig. II. 111: Estimations des combustibles fossiles selon le ratio Réserve/Production actuelle de l'année 2013	103
Fig. II. 112: Les énergies renouvelables. ....	104
Fig. II. 113: Consommation finale par source d'énergie/ 2017.....	105
Fig. II. 114: Structure de la consommation par secteur / 2017 .....	105
Fig. II. 115: Projet de construction de l'Héliodyne entre 1952 et 1954 .....	106
Fig. II. 116: Projet d'habitation bioclimatique pilote, CNERIB, 2010. ....	107
Fig. II. 117: Les 14 cibles de la démarche HQE.....	108
Fig. III. 1 : Schémas de Principes du projet. ....	113
Fig. III. 2 : Processus de la Métamorphose. ....	115
Fig. III. 3 : Rapport entre métamorphose et l'ex-habitat. ....	115
Fig. III. 4 : Extension par continuité. Vue en plan.....	116
Fig. III. 5 : Extension par continuité. Vue En Perspective. ....	116
Fig. III. 6 : Création de Failles (Fragmentation) et d'articulations. Vue en plan. ....	116
Fig. III. 7 : Création de Failles (Fragmentation) et d'articulations. Vue En Perspective.....	116
Fig. III. 8 : Projet écrasé et le recours à la verticalité. Vue en plan. ....	116
Fig. III. 9 : Projet écrasé et le recours à la verticalité. Vue en perspective.....	116
Fig. III. 10 : Satisfaction des exigences fonctionnelles. Vue en plan.....	117
Fig. III. 11 : Satisfaction des exigences fonctionnelles. . Vue en perspective. ....	117
Fig. III. 12 : Apport du Bioclimatisme à la conception du projet. . Vue en plan. ....	117

Fig. III. 13 : Apport du Bioclimatisme à la conception du projet. . Vue en perspective. ....	117
Fig. III. 14 : Affectation fonctionnelle des blocs du projet. ....	118
Fig. III. 15 : Différentes entités projetés au sein des blocs résidentiels.....	118
Fig. III. 16 : Organigramme fonctionnel du projet. ....	118
Fig. III. 17 : Schéma de Structure.....	118
Fig. III. 18 : Différentes entités et sous entités du projet.....	119
Fig. III. 19 : Répartition spatiale au sein des sous entités artistiques.....	120
Fig. III. 20 : Espace d’articulation entre la sous entité artistique et la sous entité pédagogique. ....	121
Fig. III. 21 : Espace d’articulation entre l’entité licence et l’entité master.....	121
Fig. III. 22 : Articulation entre l’entité master et l’entité doctorat.....	122
Fig. III. 23 : Répartition spatiale de l’entité résidentielle.....	123
Fig. III. 24 : Vue sur la façade sud du bloc A.....	124
Fig. III. 25 : Vue sur la façade Ouest du bloc B.....	124
Fig. III. 26 : Equilibre Harmonieux entre la verticalité et l’horizontalité au sein du projet.....	124
Fig. III. 27 : Dialogue des matériaux au sein de la façade du bloc A.....	125
Fig. III. 28 : Vue sur la façade urbaine du côté Nord.....	125
Fig. III. 29 : Structure en béton armé.....	125
Fig. III. 30 : Types de structure en béton armée poteaux-poutre (autoporteur en droite et portique à gauche). .	126
Fig. III. 31 : Exemple de poutre alvéolaire employée au sein du projet.....	126
Fig. III. 32 : Plan et Structure de la vidéothèque (poutre métallique alvéolaire). ....	127
Fig. III. 33 : vue sur Structure mixte composé de poteau en B.A et poutre métallique.....	127
Fig. III. 34 : Mise en œuvre de pieux.....	128
Fig. III. 35 : Panneaux en roseaux isolants.....	130
Fig. III. 36 : Facade double peau aérée.....	130
Fig. III. 37 : Vitrage à basse émissivité.....	130
Fig. III. 38 : Panneaux isolants en liège expansé.....	131
Fig. III. 39 : Différents types de planchers bas.....	131
Fig. III. 40 : Panneaux de polystyrène expansé.....	131
Fig. III. 41 : Toiture en plaques de polycarbonate.....	137
Fig. III. 42 : Exploitation de l’énergie solaire par le cocon bioclimatique en période froide.....	142
Fig. III. 43 : Injection de la chaleur par conduction à l’intérieur des blocs en période froide.....	143
Fig. III. 44 : Brassage de l’air chaud par déstratificateurs thermiques en période froide.....	143
Fig. III. 45 : Toiture en polycarbonate du cocon en position fermée.....	144
Fig. III. 46 : Toiture en polycarbonate du cocon en position fermée.....	145
Fig. III. 47 : Convection de l’air au sein de la double peau.....	146
Fig. III. 48 : Captage, conservation et diffusion de la chaleur au sein du bloc A en période de sous chauffe. ...	146
Fig. III. 49 : Fonctionnement du mur capteur accumulateur de l’entité résidentielle.....	147
Fig. III. 50 : Utilisation de la géothermie au niveau de l’entité résidentielle.....	148
Fig. III. 51 : Chauffage de la partie Nord de la résidence par plancher réversible.....	149
Fig. III. 52 : Fonctionnement du puits canadien au niveau des amphithéâtres en période froide.....	150
Fig. III. 53 : Protection solaire de la façade Sud-Est du bloc «A».....	151
Fig. III. 54 : Protection solaire de l’entité doctorat.....	151
Fig. III. 55 : Brises soleils verticaux des entités artistiques.....	152
Fig. III. 56 : Stores employés au niveau des toitures translucides de l’école.....	152
Fig. III. 57 : Double toiture ventilée ouverte couvrant les articulations en période froide.....	153
Fig. III. 58 : Double toiture ventilée couvrant les articulations en période chaude.....	153
Fig. III. 59 : Arbre à feuillage caduc en protection solaire en période chaude.....	154
Fig. III. 60 : Ventilation traversante au niveau du bloc « A ». ....	154
Fig. III. 61 : Extraction de la chaleur par tirage thermique au niveau de l’entité résidence.....	155
Fig. III. 62 : Extraction de la chaleur au niveau du cocon bioclimatique.....	155
Fig. III. 63 : Ventilation naturelle de l’entité doctorat par ventilation traversante et thermocirculation.....	156
Fig. III. 64 : Ventilation du cocon par l’air frais capté par la tour à vent associée à la ventilation traversante...	157
Fig. III. 65 : Apport de la tour à vent pour la ventilation naturelle du cocon.....	158
Fig. III. 66 : Captage et injection de l’air frais par vis d’Archimède renversées.....	158
Fig. III. 67 : Rafraîchissement de la partie Sud de l’entité résidentiel par plancher réversible.....	159
Fig. III. 68 : Ventilation des amphithéâtres par puits provençaux.....	159

---

Fig. III. 69 : Injection de l'air frais aux amphithéâtres par puits provençaux.....	159
Fig. III. 70 : Utilisation des panneaux solaires hybrides au niveau de l'entité « doctorat » .....	160
Fig. III. 71 : Utilisation de la V.M.C au niveau des amphis.....	161
Fig. III. 72 : Apport de la pompe à chaleur associée à la géothermie au niveau de l'entité résidentielle .....	161
Fig. III. 73 : Apport des déstratificateurs au confort thermique.....	161
Fig. III. 74 : Utilisation du vitrage thermochromique au niveau de l'entité doctorat.....	162
Fig. III. 75 : Brises soleils automatisés au niveau des galeries des façades Sud-Est.....	162
Fig. III. 76 : Bornes de Tries de déchets. ....	162
Fig. III. 77 : Récupération des eaux pluviales au sein du projet .....	163
Fig. III. 78 : Dispositif de production de l'électricité au sein du projet .....	163
Fig. III. 79 : Dispositif de captage, stockage et diffusion de la chaleur captée du cocon vers le bloc B. ....	164

## Liste des tableaux

Tab.I. 1 : Moyennes Mensuelles des Température à Tizi-Ouzou de la période de 2008 au 2018.....	14
Tab.I. 2 : Moyennes Mensuelles D'Humidité Relative minimales, moyenne et maximales de T.O de la période de 2008 au 2018.....	15
Tab.I. 3 : Moyennes Mensuelles des durées d'Insolation à Tizi-Ouzou de la période de 2008-2018.....	18
Tab.I. 4 : Moyennes Mensuelles des cumuls de Précipitations à Tizi-Ouzou de 2008-2018.....	18
Tab.I. 5 : Moyennes Mensuelles des Vitesses du vent à Tizi-Ouzou de la période de 2008-2018.....	20
Tab.I. 6 : Interprétation et recommandations fondamentales décryptées à partir du diagramme de Givoni.....	22
Tab.I. 7 : Influence des matériaux utilisés pour l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique.....	37
Tab.I. 8 : Récapitulatif de l'analyse de la structure existante.....	40
Tab.I. 9 : Taux d'ombrage sur le site le 21 Décembre en fonction des heures.....	44
Tab.I. 10 : Recommandations issues de l'étude d'enseillement du site le 21 Décembre.....	44
Tab.I. 11 : Synthèse de l'étude d'enseillement.....	44
Tab.I. 12 : Recommandations issues de l'étude bioclimatique du site.....	46
Tab.I. 13 : Les différents types de mesures d'une étude d'impact sur l'environnement.....	48
Tab.II. 1 : Origines et remèdes d'humidité.....	58
Tab.II. 2 : Technique de réhabilitation thermique des fenêtres.....	60
Tab.II. 3 : Exigences des espaces d'une école d'architecture.....	70
Tab.II. 4 : Programme Prévisionnel du projet.....	84
Tab. III. 1 : Concepts opératoires et fédérateurs du projet .....	115
Tab. III. 2 : comparaisons entre les diverses caractéristiques thermiques des matériaux anciens et nouveaux selon la nature des espaces.....	132
Tab. Annexe. 1 : Procédés de nettoyage des façades selon leurs natures et l'importance d'encrassement.....	179
Tab Annexe. 2 : Programme définitive du projet.....	180

# **Introduction générale**

Connue par sa réputation rayonnante dans toute la région avoisinante, la ville de Tizi-Ouzou est dotée d'un taux démographique qui s'accroît d'une année à une autre. Elle est liée à diverses vocations dont la caractéristique universitaire est dominante en accueillant plus de 60.000<sup>1</sup> étudiants au sein de ses divers pôles universitaires. Les places pédagogiques disponibles dans cette université ne sont pas suffisantes pour accueillir tous les étudiants de cette région. Le même constat s'applique aussi sur le département d'architecture situé sur le site de l'Ex-Habitat, qui continue d'être exploité dans son état dégradé sans être entretenu ni réhabilité. Cela a engendré diverses conséquences négatives affectant à la fois le fonctionnement, l'organisation, la qualité d'enseignement ou encore même la consommation énergétique et les impacts environnementaux.

Ces conséquences ne s'attribuent pas uniquement à la ville de Tizi-Ouzou, mais aussi à la majorité des villes du pays, ainsi que dans les divers secteurs, notamment celui dont on traite actuellement : l'enseignement supérieur. En Effet, malgré toutes les progressions recensées dans ce secteur, beaucoup de lacunes rattachées aux établissements universitaires restent présentes. Mais le premier grand enjeu est purement quantitatif et concerne la dimension et le nombre d'établissements et des places universitaires affectées aux étudiants. Ceci engendre forcément un impact sur la qualité de l'enseignement et par conséquent sur le rendement des étudiants. À ceci s'ajoutent les divers obstacles sociaux et économiques dont les établissements d'enseignement supérieur algériens souffrent (transport, problèmes de gestion, hébergement, restauration...) ce qui justifie le classement de l'université algérienne en queue de liste des 200 meilleures universités en Afrique. En effet, l'Algérie n'a réussi à placer que 22 universités dans ce top 200, contre 24 pour l'Égypte et 39 pour le Maroc.<sup>2</sup> À ces tous ces soucis s'ajoutent les autres problèmes des confort devant être assurés aux étudiants, notamment le confort thermique, la surconsommation énergétique mais aussi en termes d'exigences architecturales et fonctionnelles des temps actuels. Tel est le cas pour la discipline d'architecture enseignée au sein des universités algériennes.

À Tizi-Ouzou, l'exemple le plus frappant est celui de l'Ex-Habitat. En effet, la fermeture du département d'architecture de Béjaïa, il y'a quelques années, et l'absence des structures accueillant les études d'architecture aux villes avoisinantes telles que Boumerdes et Bouira a engendré un surplus d'étudiants accueillis par le département d'architecture (Ex-Habitat). Afin

---

<sup>1</sup> <http://lecourrier-dalgerie.com/universite-mouloud-mammeri-de-tizi-ouzou-9-400-nouveaux-etudiants-inscrits-pour-lannee-20182019/>

<sup>2</sup> <https://www.algerie-eco.com/2019/01/07/top-200-des-meilleures-universites-africaines-la-plus-performante-des-universites-algeriennes-classee-41eme/>

de répondre à cette situation, la majorité des promotions ont été transférées à un nouveau département d'architecture situé au pôle universitaire de Tamda, causant ainsi divers problèmes. En plus de la rupture existante entre l'ex habitat et la ville, la répartition des divers niveaux d'études entre les deux établissements d'enseignement a engendré une deuxième rupture ; celle des deux entités. Cette rupture se traduit par des défaillances fonctionnelles et organisationnelles en matière de gestion et d'administration concernant le personnel administratif d'une part, d'instruction pour les enseignants d'autre part. À ceci s'ajoutent des carences en termes de qualité d'enseignement, pour les étudiants, expliquées par l'absence des disciplines complémentaires aux études d'architecture tel que les modules artistiques. Enfin, ces lacunes s'étendent à un manque de confort et à une dégradation des conditions de travail pour tous les usagers, engendrées par l'état vétuste de la structure existante impliquant des surconsommations énergétiques.

L'emplacement du nouveau département situé au pôle de Tamda, noyé parmi tant d'autres départements, a causé la déperdition de l'ambiance propre et propice à la filière d'architecture. En effet, toute exigence qualitative concernant le département d'architecture, en termes d'espaces et d'organisation spatiale est absente en ce nouveau pôle. En regardant le problème de plus près, nous nous apercevons que la résolution du souci de la surexploitation du lieu pourrait se situer dans une simple extension du département (Ex-Habitat) déjà existant, dans sa propre parcelle, profitant de la grande superficie dont elle bénéficie. Cette opération d'extension est de toutes manières inévitable car l'état de dégradation de la structure existante (d'à peine 40 ans) l'impose. Il s'agit de la solution la plus raisonnable et viable comparée au transfert partiel de certains paliers d'études vers le nouveau pôle qui crée des problématiques supplémentaires au lieu de solutionner celles déjà existantes.

Notre challenge s'avère clair à présent, c'est celui de concevoir une vraie école d'art et d'architecture sur le site de l'Ex-Habitat. Pour y arriver, il est primordial de poser les problématiques suivantes :

- 1- Tournant le dos actuellement à la ville de Tizi-Ouzou, comment articuler l'Ex-Habitat avec son contexte immédiat ?
- 2- Quelles interventions entreprendre sur un bâti existant, porteur d'une certaine mémoire du lieu, afin de le remettre en bon état tout en assurant l'articulation formelle et fonctionnelle entre ce dernier et sa nouvelle extension pour obtenir un ensemble architectural cohérent ?

- 3- Quelles stratégies et techniques bioclimatiques engager au sein du projet afin de maîtriser les consommations énergétiques, assurer le confort des usagers et l'inscrire dans une démarche durable ?

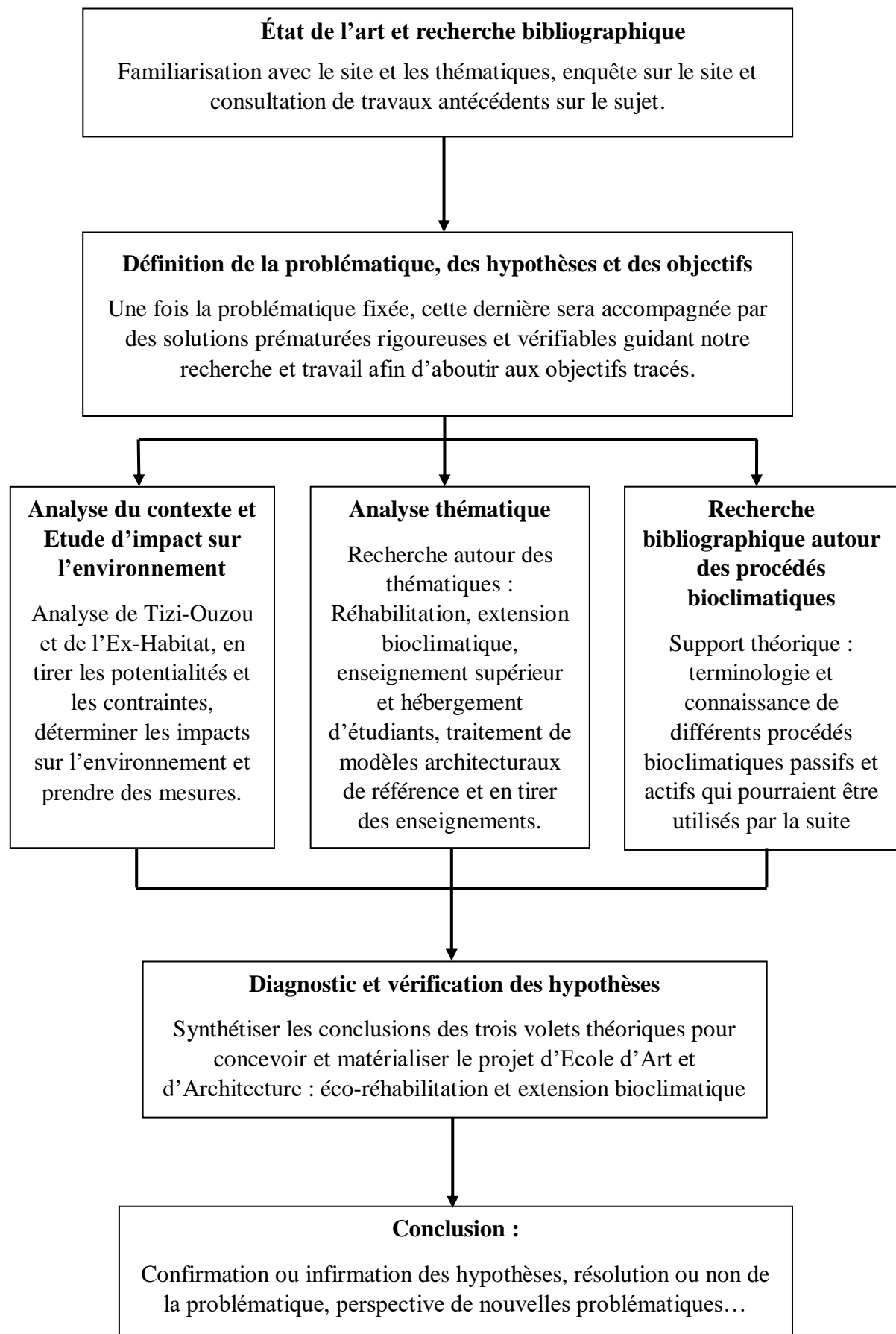
Afin de répondre à ces problématiques, diverses hypothèses ont été établies. Ces dernières ne peuvent être confirmées ou infirmées qu'après que les analyses projetées sur la structure existante soient faites :

- 1- L'extension bioclimatique accompagnée d'une réhabilitation thermique de la structure existante : En premier lieu, en améliorant l'interface du projet par la préservation de la structure existante et de sa mémoire du lieu, suivie par un ravalement de façades et un réagencement d'espaces intérieurs. En second lieu, en intervenant sur l'enveloppe et son isolation thermique. Tout cela en l'associant aux principes et aux divers procédés bioclimatiques ;
- 2- Rénovation totale de la structure existante accompagnée d'une extension bioclimatique, en renouvelant entièrement l'ancienne interface par la démolition totale de la structure existante et la reconstruction d'un nouveau projet épousant les nouvelles tendances architecturales du moment.

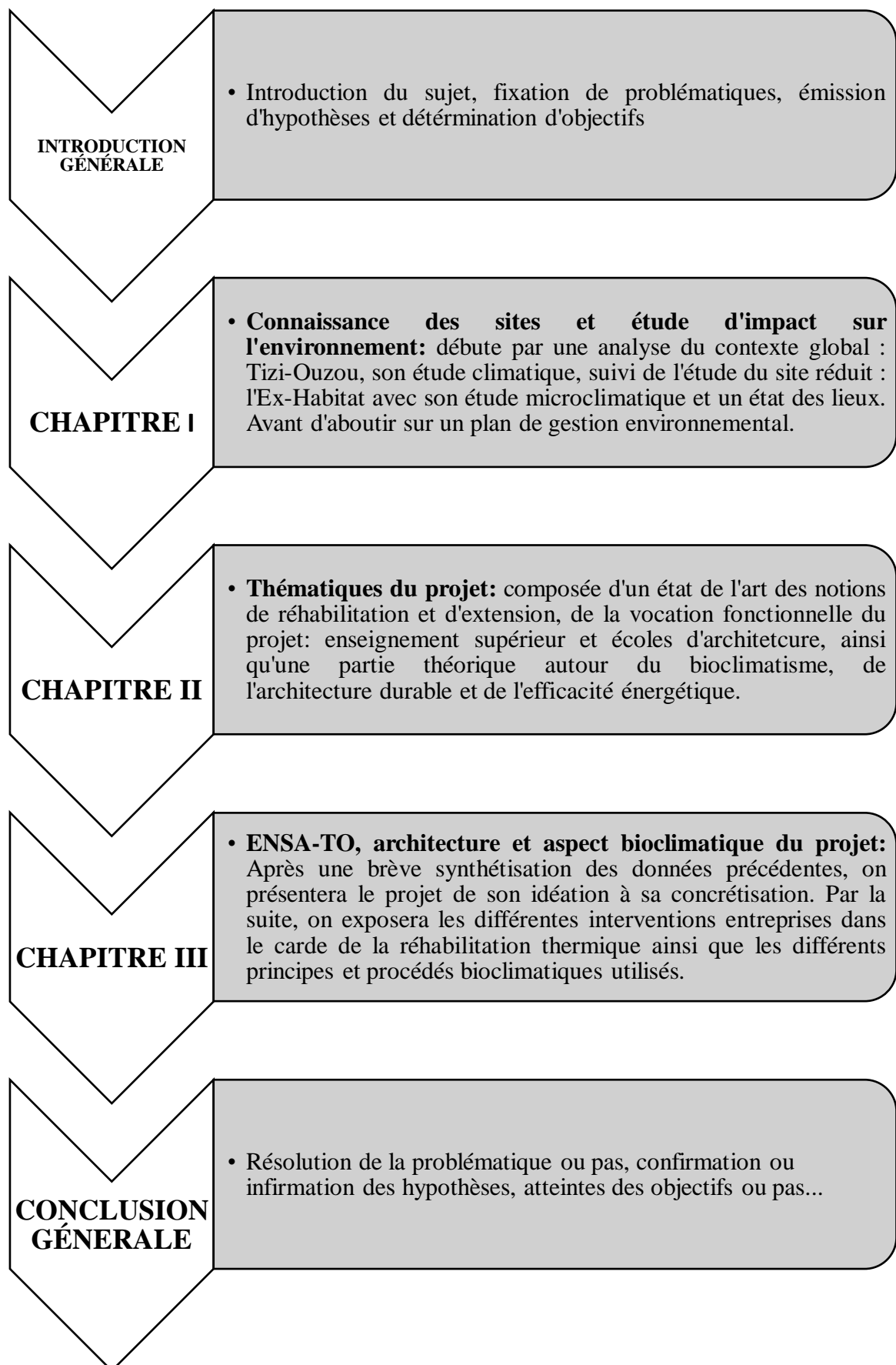
Malgré la diversité de ces hypothèses, leurs objectifs restent communs :

- 1- Faire face à la rupture existante entre l'Ex Habitat et son entourage, en dotant le projet d'une interface urbaine accueillante ne tournant pas le dos à contexte et s'y intégrant ;
- 2- Améliorer les conditions de travail autant pour les étudiants que pour les travailleurs, afin d'assurer les exigences qualitatives et quantitatives d'une vraie école d'art et d'architecture et de ses espaces d'accompagnements tout en adaptant l'ensemble du projet aux personnes à mobilité réduite.
- 3- Concevoir une extension intégrée à son contexte et tirant au mieux parti de son environnement tout en minimisant les impacts sur ce dernier, d'une part, et optimiser les performances thermiques du projet afin d'assurer un meilleur confort thermique et d'atteindre l'efficacité énergétique d'autre part ;

## Démarche méthodologique



## Structuration du mémoire



# Chapitre I. Connaissance des sites et étude d'impact sur l'environnement

*« J'ai, d'une part l'habitude, bonne  
ou mauvaise de commencer à travailler  
un projet à partir de sa Philosophie, son  
Contexte ou de son Environnement »*

Renzo piano.

## Introduction

Avant tout travail de conception architecturale, il est nécessaire de passer par certaines étapes préliminaires d'analyses. C'est d'autant plus indispensable pour un projet qui se veut bioclimatique. L'impact présumé du projet sur son environnement et de l'environnement sur le projet sont à étudier avec précision. Pour cela une étude d'impact sur l'environnement s'impose commençant par l'étude du contexte à ses différentes échelles ; globale et réduite. Cette étude a pour ambition d'intégrer au mieux le projet à son site et d'anticiper les différents impacts environnementaux avant la conception, et ainsi prendre les mesures adéquates qui permettront de minimiser les impacts négatifs et d'optimiser les impacts positifs.

Le présent chapitre aborde donc cette étude d'impact sur l'environnement et évoque en premier lieu l'analyse de notre contexte global ; la ville de Tizi-Ouzou. Il comporte aussi une étude climatique et bioclimatique des contextes intermédiaire et direct. Enfin, le site réduit, l'ex-Habitat, est identifié et analysé. Cette dernière étape inclue l'analyse de la structure existante et l'étude microclimatique du site d'intervention. Une fois l'étude du contexte, à ses deux échelles, établie, nous allons en déduire les impacts de l'environnement sur le futur projet et les impacts présumés du projet sur son environnement. En définitive, nous prédéterminerons des mesures d'atténuation, de compensation et de conservation par anticipation à la conception.

## I.1 Connaissance des sites

### I.1.1 Présentation de la ville de Tizi-Ouzou<sup>3</sup>

Tizi-Ouzou est une ville algérienne située au nord du pays, Ville principale de Kabylie et point d'articulation entre plaine et montagne, elle relie entre deux portes importantes Bejaia coté Est et Alger côté Ouest, ce qui fait d'elle un espace d'échange entre les deux villes. C'est le second pôle démographique de la région avec 144.036 habitants (2007) sur une superficie de 10.236 Ha.<sup>4</sup>



*Fig. I. 1 : Vue d'ensemble sur la Ville de Tizi-Ouzou.  
Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Tizi\\_Ouzou](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tizi_Ouzou).*

<sup>3</sup> T.O : Tizi Ouzou.

<sup>4</sup> Direction de l'Urbanisme et de la Construction de la wilaya de Tizi-Ouzou (DUC), Plan Directeur d'Aménagement et d'urbanisme (PDAU) de la Wilaya de Tizi-Ouzou 2008. P 9.

### I.1.1.1 Situation de la ville

A l'échelle nationale, la Wilaya de Tizi-Ouzou se situe au nord de l'Algérie, dans la région de la Kabylie en plein cœur du massif du Djurdjura. La Wilaya fait partie des 10 wilayas forment la région Nord Centre du pays.<sup>5</sup> Elle est à 88 Km à l'est de la capitale Alger, à 93 km à l'ouest de Bejaïa, à 52 km à l'est de Boumerdès et à 39,5 Km au nord-est de Bouira.

A l'échelle régionale, la ville de Tizi-Ouzou est située au centre de la commune de Tizi-Ouzou ; chef-lieu de la Wilaya. Elle est à 100 km à l'est de la capitale Alger, à 125 km à l'ouest de Bejaïa et à 30 km au sud des côtes méditerranéennes.<sup>6</sup>

### I.1.1.2 Limites administratives et naturelles

#### a) Limites administratives

- **Au Nord** : Par les communes de Sidi Nâamane et Ait Aïssa Mimoun ;
- **A l'Est** : Par les communes de Ouaguenoun et Tizi-Rached ;
- **Au Sud** : Par les communes de Irdjen, Beni Aïssi, Beni Zmenzer et Souk el Tenine ;
- **A l'Ouest** : Par les communes de Draa Ben Khedda et Tirmatine.<sup>7</sup>

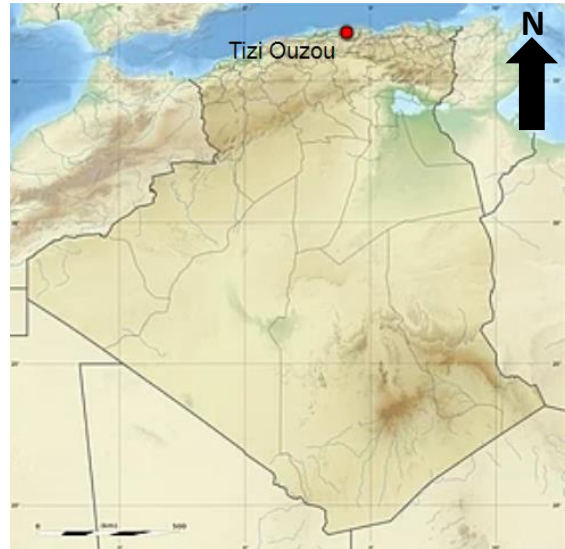


Fig. I. 2 : Situation de la Ville à échelle nationale.  
Source : Wikipédia, Op.cit.



Fig. I. 3 : Situation de la wilaya de T.O par rapport à la région Nord Centre du pays.  
Source : Google Earth /Auteurs.



Fig. I. 4 : Communes limitrophes de la ville T.O.  
Source : Wikipédia, Op.cit.

<sup>5</sup> DUC, Op.cit. P 8.

<sup>6</sup> Idem. P 9.

<sup>7</sup> Idem. P 10.

**b) Limites naturelles**

La commune est délimitée :

- **Au Nord** : Par le Massif de Belloua ;
- **Au Sud** : Par le Massif de Hasnaoua ;
- **A l'Est** : Par la vallée du Sébaou ;
- **A l'Ouest** : Par le bourg Boukhalifa.<sup>8</sup>

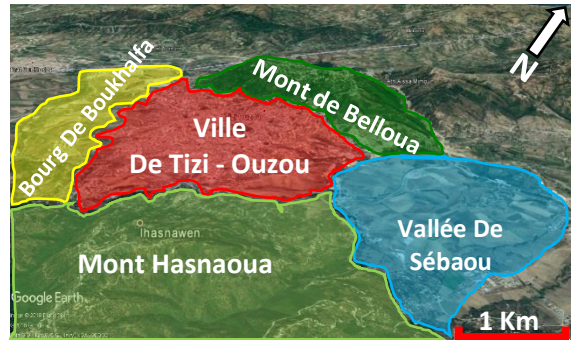


Fig. I. 5 : Limites Naturelles De La Ville De T.O.  
Source : Google Earth /Auteurs.

**I.1.1.3 Accessibilité de la ville**

La ville de Tizi-Ouzou est le lieu d'aboutissement de 04 routes nationales (RN15, RN30, RN72 et la RN12 : Assurant la liaison entre Alger et Tizi-Ouzou et) ainsi que 05 chemins de wilaya (CW128, CW100, CW147, CW02 et CW174).<sup>9</sup>

La ville de Tizi-Ouzou est devenue accessible par mise en service d'un réseau ferroviaire opérationnel depuis le 15 Avril 2017.



Fig. I. 6 : Gare Ferroviaire de T.O.  
Source : <https://www.algeriel.com>.

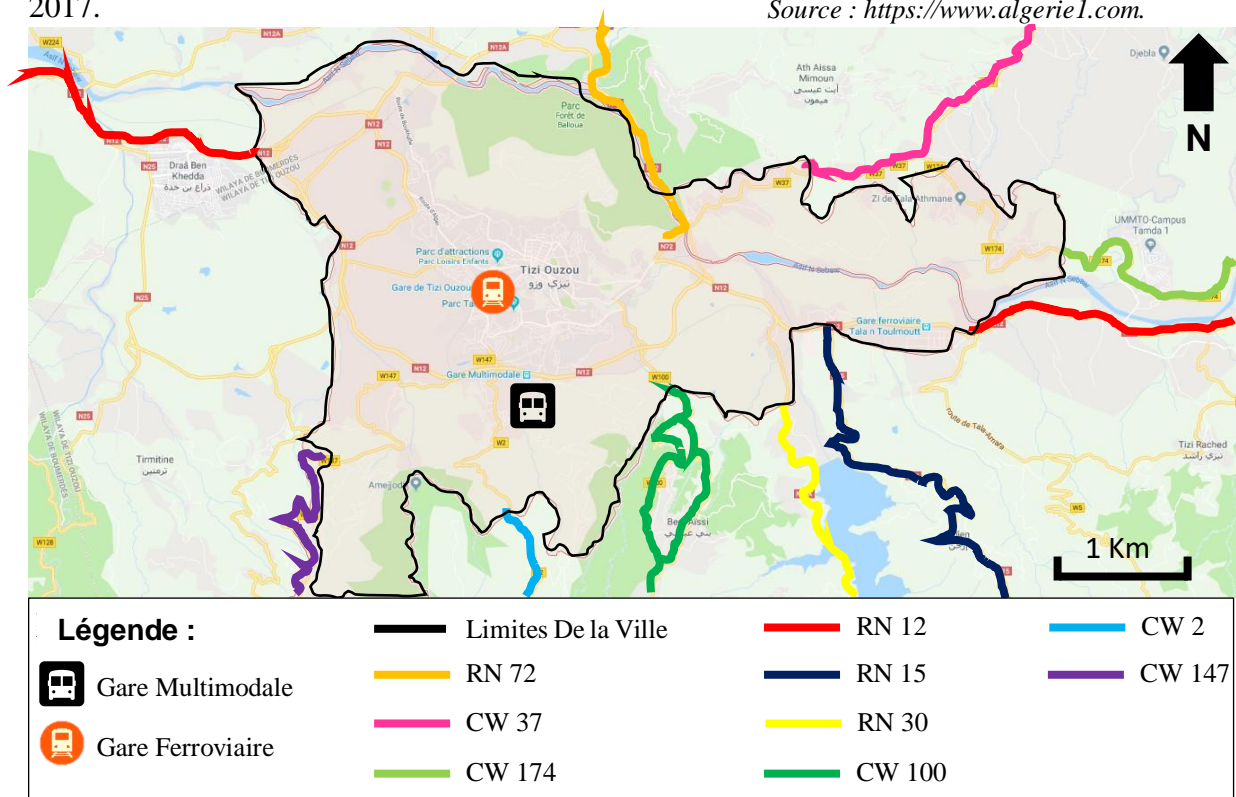


Fig. I. 7 : Carte D'accessibilité à la ville de T.O.  
Source : Google Maps / Auteurs.

<sup>8</sup> DUC., Op.cit. P 10.

<sup>9</sup> Ibid., P 9.

**I.1.1.4 Relief et environnement naturel de la ville**

**a) Relief**

La ville de Tizi-Ouzou est encastrée entre deux massifs : au nord le mont de Belloua (650 m d'altitude) et au Sud le mont de Hasnaoua (+600m), distant l'un de l'autre de 03 Km. Elle s'élève à 250m d'altitude.

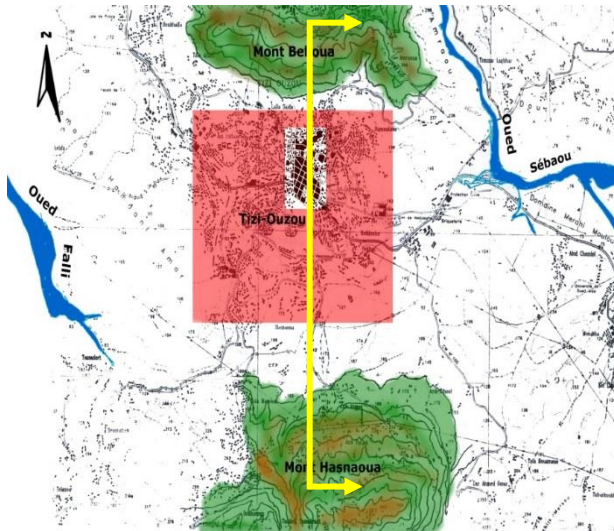


Fig. I. 8 : Position de la ville de T.O par rapport aux deux monts Belloua et Hasnaoua.  
Source : Service du cadastre de Tizi-Ouzou.

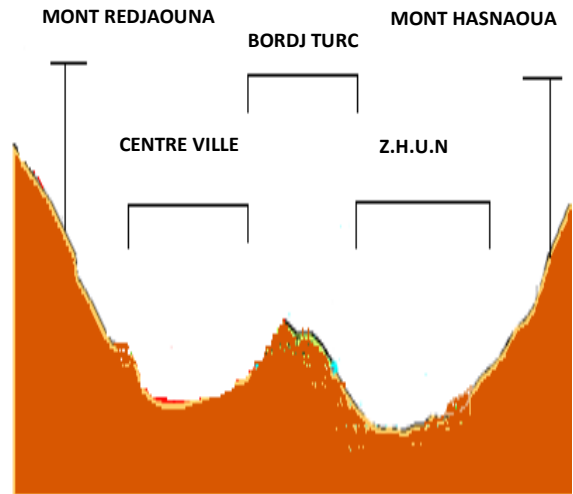


Fig. I. 9 : Coupe schématique du relief de la ville.  
Source : Idem

**b) Environnement naturel**

➤ **Végétation**

La ville de Tizi-Ouzou dispose d'une végétation éparse. On y trouve différents types d'arbres d'arboriculture, tel que : sapins, roseaux, arbres fruitiers ...



Fig. I. 10 : Couvert Végétal de La Wilaya de T.O.  
Source : PDAU De Tizi-Ouzou.

➤ **Hydrographie**

Desservie par plusieurs oueds et cours d'eau, la ville présente un potentiel hydrographique important :

- **Nord** : Oued Halouf, Chabet Sebt ;
- **Est** : Oued Aissi, Oued Sébaou ;
- **Sud** : Ighzer Bouais, Assif El-Mede ;
- **Ouest** : Oued Falli, Oued Aqlmetmel.



Fig. I. 11 : Carte Hydrographique De T.O.  
Source : Service du cadastre de Tizi-Ouzou

**I.1.1.5 Vocation et caractéristique de la ville de Tizi-Ouzou**

Le Secteur Administratif est principalement dominant dans la commune ainsi que dans la ville de Tizi-Ouzou avec 49% des emplois, suivi par le secteur des services et des d'activités distributrices de biens en second lieu avec 35% des emplois. La ville est auxiliairement une ville industrielle et agricole. Nous précisons aussi que l'une des caractéristiques principales de la ville aussi est l'importance de son secteur universitaire et de sa population estudiantine.

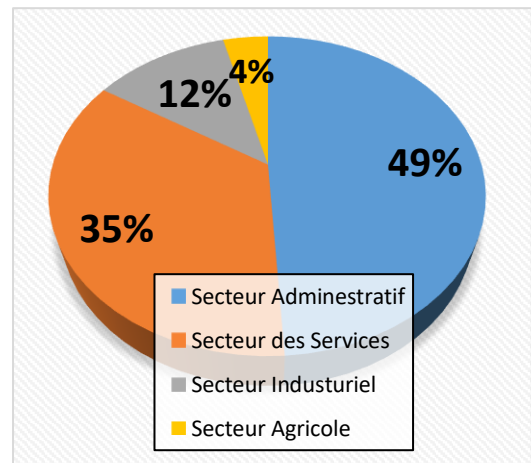


Fig. I. 12 : Secteurs de La Commune de T.O.  
Source : PDAU / Auteurs.

**I.1.1.6 Lecture diachronique de la ville de Tizi-Ouzou**

Le but de cette lecture est de présenter l'évolution de la ville de Tizi-Ouzou en se basant sur des faits historiques et sociaux qui ont engendré des faits urbains importants marquant et participant à la construction de l'image et la structure actuelle de la ville.

L'atelier « Architecture Bioclimatique et efficacité énergétique » dans lequel s'inscrit notre projet, n'envisage pas une intervention urbaine, voilà pourquoi l'étude établie se limite à une simple lecture synthétique, afin de l'exposer aux lecteurs qui ne connaissent pas cette ville.

**Époque Romaine 146 Av. JC 640**



Fig. I. 13 : Le passage Romain.  
Source : Service du cadastre de Tizi-Ouzou / Auteurs.

La vallée du Sébaou était un lieu de passage des colonies romaines et vu la proximité, la topographie et la position stratégique du col des genêts à savoir faciliter le contrôle du cours du Sébaou, il deviendra un important relais pour atteindre Bejaia.

**Époque Ottoman 1640-1844**

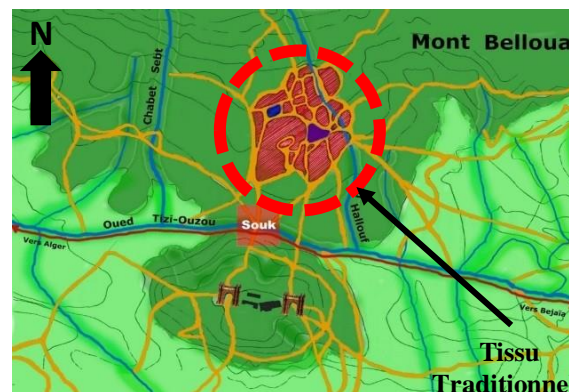


Fig. I. 14 : Processus du Développement de La Ville en Période Ottomane.  
Source : Idem / Auteurs.

**Fait Historique :** Arrivés des Ottomans.

**Faits Urbains :** Formation du tissu traditionnel Smala (Village Amaroua) en 1640. Formation du Souk et transformation du poste d'observation en Bordj sur le col des genêts pour le paiement du droit du passage en 1720.

**Époque Coloniale 1855-1871**

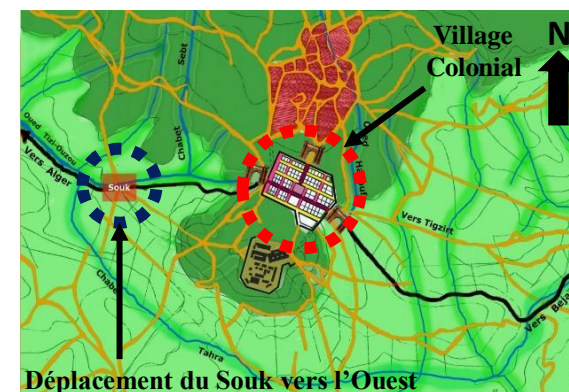


Fig. I. 15 : La Formation du 1<sup>er</sup> Village Colonial.  
Source : Idem / Auteurs.

**Fait Historique :** Arrivés des Collons.

**Faits Urbains :** Formation du 1<sup>er</sup> Village Colonial en 1855 à la limite Sud du village des Amaroua et déplacement du Souk vers l'ouest.

**Époque Coloniale 1871-1890**

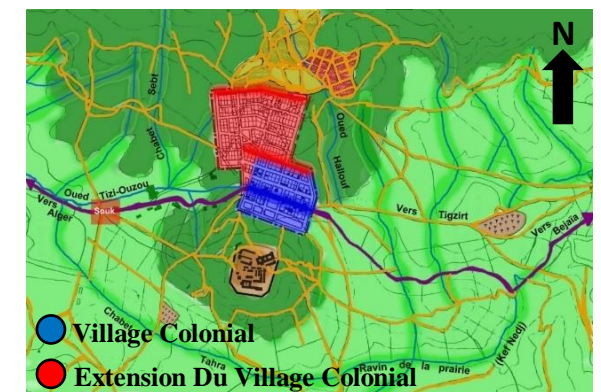


Fig. I. 16 : Extension du Village Colonial.  
Source : Idem / Auteurs.

**Fait Historique :** Evènements et Insurrection Du Mokrani de 1871.

**Faits Urbains :** Extension du village colonial.

**Du Village A La Ville**



Fig. I. 17 : Le Passage du village à la ville.  
Source : Idem / Auteurs.

**Du Village A La Ville (1890-1956) :** L'axe Bejaïa-Alger devient une ligne de croissance ; la porte d'Alger se transformant ainsi d'une borne de croissance en un pôle de croissance ponctuée par de grands équipements tels que : la gare ferroviaire, l'agence postale ou encore l'hôtel de ville.

**Époque Coloniale 1958 -1962**



Fig. I. 18 : 1<sup>er</sup> Eclatement de la ville.  
Source : Idem / Auteurs.

**Fait Historique :** Elaboration du Plan Constantine en 1958.

**Faits Urbains :** Passage De L'ilot à la Barre et réalisation des premières HLM engendrant un éclatement de la ville dans les directions Est-Ouest, et désarticulation du tissu. Divisions de la ville selon le système du zoning en 05 zones.

**Epoque Post Colonial 1962-1974**

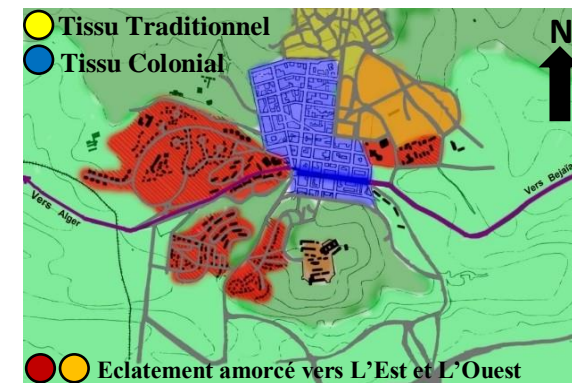


Fig. I. 19 : L'éclatement amorcé de la Ville en 1968.  
Source : Idem / Auteurs.

**Fait Historiques :** Indépendance de L'Algérie et Lancement du programme spécial en 1968.

**Faits Urbains :** L'éclatement amorcé de la ville et apparition des lotissements comme tentative partielle de retour au sol (Bouaziz, Hamoutène, Bekare).

**Epoque Post Colonial 1980 à nos jours**



Fig. I. 20 : L'éclatement de la ville de T.O. après l'implantation de la ZHUN.  
Source : Idem.

**Faits Sociaux :** Crise du Logement et lancement du deuxième plan quadriennal (1974-1977).

**Faits Urbains :** Eclatement de la ville vers le sud, implantation de la ZHUN. Production d'une rupture nette dans la ville distinguée par l'entité traditionnelle, centre-ville et la ville nouvelle du point de vue morphologique et fonctionnel.

**I.1.1.7 Etude climatique de la ville de Tizi-Ouzou**

Connue par son hiver pluvieux et frais et par son été chaud et humide, la ville de Tizi-Ouzou est caractérisée par son climat méditerranéen. En présence des massifs de Belloua et Hasnaoua entourant la ville, il se peut qu'il neige parfois en hiver. A cause de ces mêmes massifs montagneux, la chaleur peut être suffocante en été ; à cause de leurs rôles de bouclier qu'ils jouent ; en empêchant l'air marin d'atteindre la ville.

**a) Données météorologiques**

➤ **Températures**

Tab.I.1 : Moyennes Mensuelles des Température à Tizi-Ouzou de la période de 2008 au 2018.

Source : ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou, Année 2018.

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Moy T° <sub>Moy</sub> (°C)	11.09	10.98	13.06	16.20	19.34	23.89	27.79	28.07	24.27	20.55	14.93	12.01
Moy T° <sub>Min</sub> (°C)	7.21	<b>6.93</b>	8.57	11.24	13.84	16.93	21.21	21.66	18.93	15.62	12.66	7.65
Moy T° <sub>Max</sub> (°C)	16.16	15.97	18.89	22.35	25.92	31.16	<b>35.87</b>	35.15	28.38	27.38	19.71	16.87

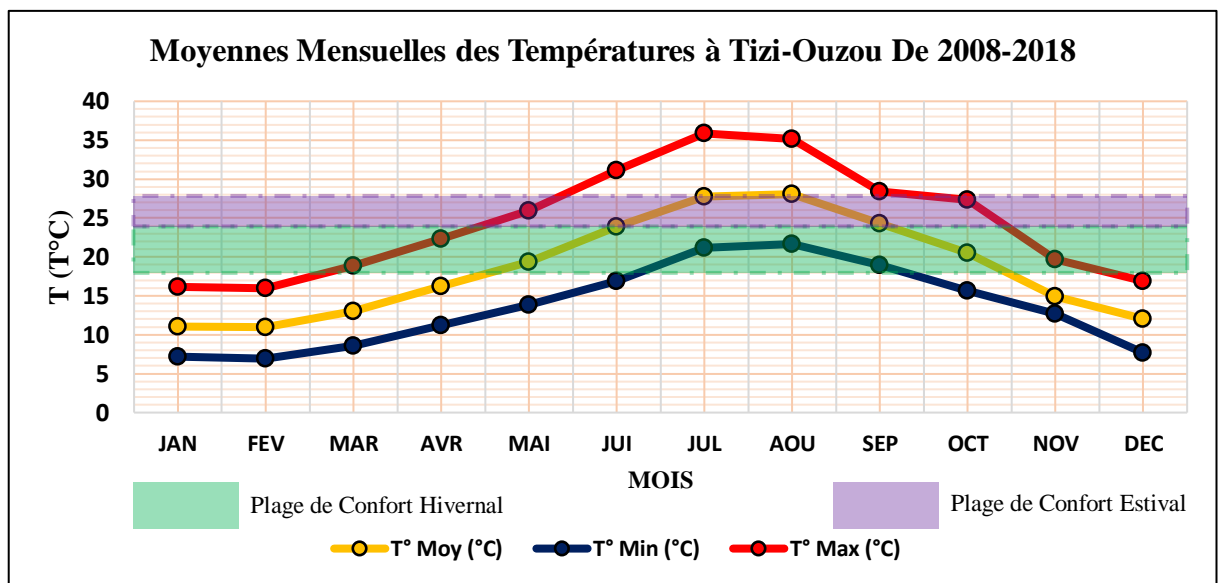


Fig. I. 21 : Moyennes Mensuelles des Températures Moyennes, Minimales et Maximales de la ville de T.O entre 2008 et 2018.

Source : ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou, Année 2018 / Auteurs.

**Synthèse :** Les données météorologiques recueillies et représentées par l'histogramme ci-dessus, nous a permis de classer les températures de la ville en 03 périodes :

- Du mois de Novembre jusqu'au Mars : cette première période (période de sous-chauffe) est caractérisée par des températures basses (situées au-dessous des températures de la plage de confort hivernale) ; pouvant atteindre 6.93 °C en mois de Février, qui est la température minimale de toute l'année. A la Fin de cette période (Fin du mois de Mars), nous remarquons une croissance modérée et régulière de la température, (de 10.98 °C en

mois de Février à 13.06 °C en mois Mars, puis à 16.20 °C en mois d'Avril), marquant ainsi la fin de l'hiver et le début du printemps, notre deuxième période.

- La deuxième période : marquée par des températures tempérées, bornées entre (18 °C – 24 °C) et situées ainsi plus au moins dans la plage de confort. Ces températures marquées en demi-saison, concernent les mois de : Septembre et Octobre (Saison d'automne) et les mois Mars (envers sa fin), Avril, Mai (Saison de printemps). A la fin de cette période printanière, nous constatons une croissance de température rapide (de 19.34 °C en mois de Mai à 23.89 °C en mois de Juin, puis à 27.79 °C en mois de Juillet), marquant ainsi la fin du printemps et le début de l'été, notre troisième période.
- La Troisième période (Période de Surchauffe), allant du mois de Juin jusqu'au mois d'Aout, est caractérisée par des températures très chaudes, (où la courbe des T°Max est située au-dessus des températures de la plage de confort estivale), atteignant les 35.87 °C en mois de juillet, marquant ainsi la température maximale de toute l'année. La fin de cette période est marquée par une décroissance de température modérée et régulière marquant la fin de l'été et le début de l'automne : c'est la première période.

Notre étude ne s'arrêtera pas à une simple lecture statique du graphique, il est indispensable de relever certaines curiosités. Notons que ces températures recueillies, concernant la ville de Tizi-Ouzou, étaient prises au niveau de la station météorologique de Boukhalfa (Tizi-Ouzou), sous des conditions stationnaires : (Milieu suburbain voir rural, Température prise sous l'ombre, présence des vents chassant l'humidité et rafraichissant la température ...). Or, ces conditions dans lesquels les températures sont captées, différent des conditions climatiques en temps réel de la ville (présence du phénomène d'îlot de chaleur ...) et différent encore plus de celles de notre site (Microclimat particulier, présence d'un cours d'eau augmentant le taux d'humidité ...). Ainsi, tout ceci doit être pris en considération, les températures, au niveau de la ville ou encore au niveau de notre site réduit, peuvent être supérieures ou inférieures à celles récupérées par L'ONM.

➤ **Humidité**

*Tab.I.2 : Moyennes Mensuelles D'Humidité Relative minimales, moyenne et maximales de Tizi-Ouzou de la période de 2008 au 2018.*

*Source : ONM de Boukhalfa, Op.cit.*

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Moy Hr Min (%)	55.5	53.2	50.2	49.6	46.1	37.9	32.9	<b>32.6</b>	39.3	43.8	54.9	56.9
Moy Hr Moy (%)	81	79	79	76	72	65	<b>59</b>	60	67	72	78	82
Moy Hr Max (%)	95.2	<b>95.4</b>	95.3	95.1	93.2	89.8	85.2	85.5	89.5	92.1	93.4	94.5

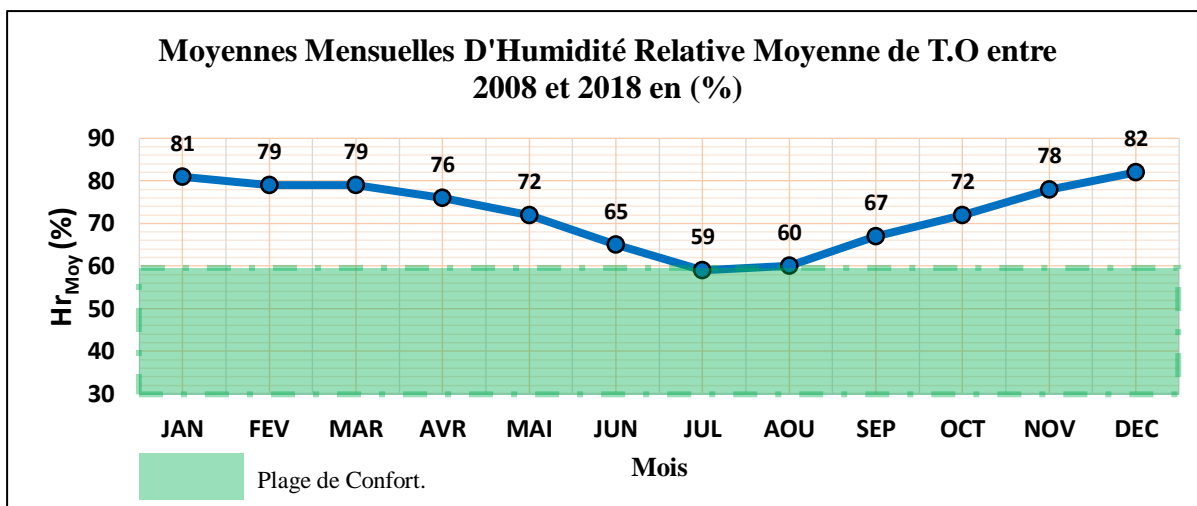
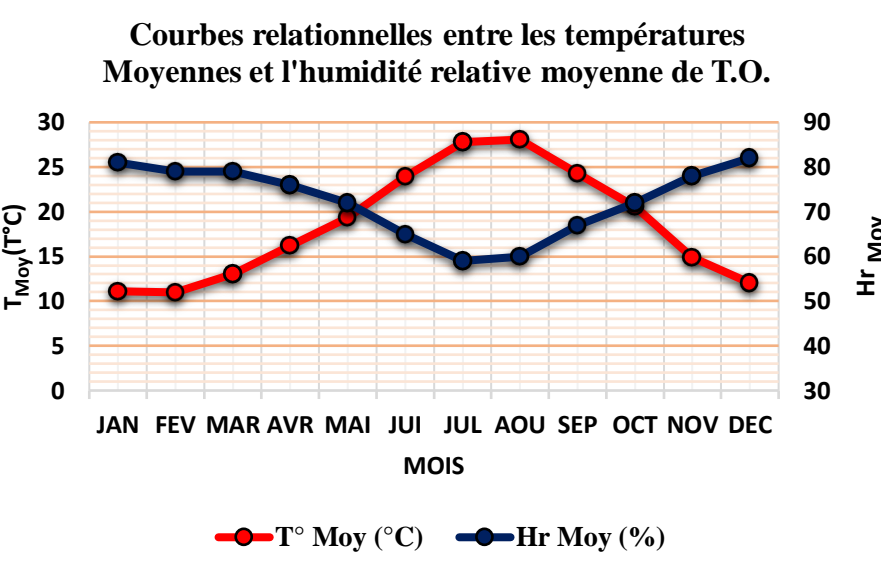
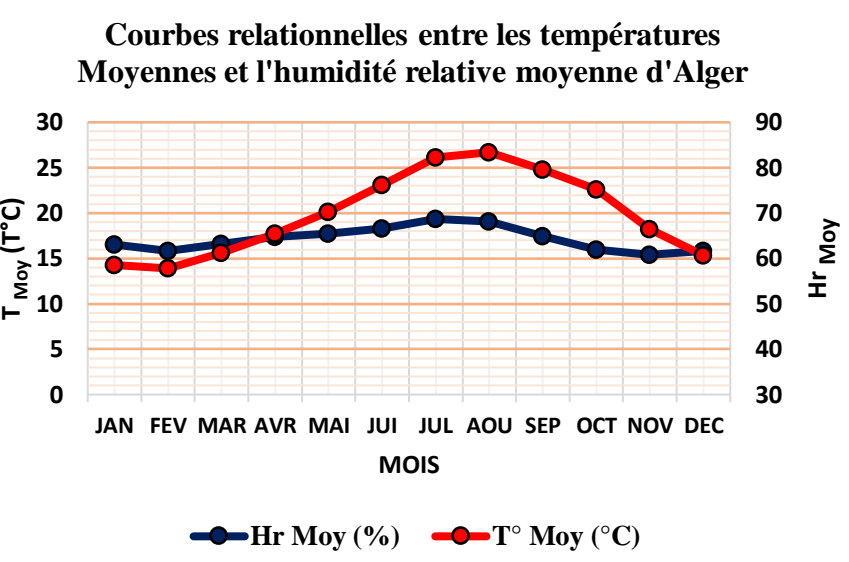
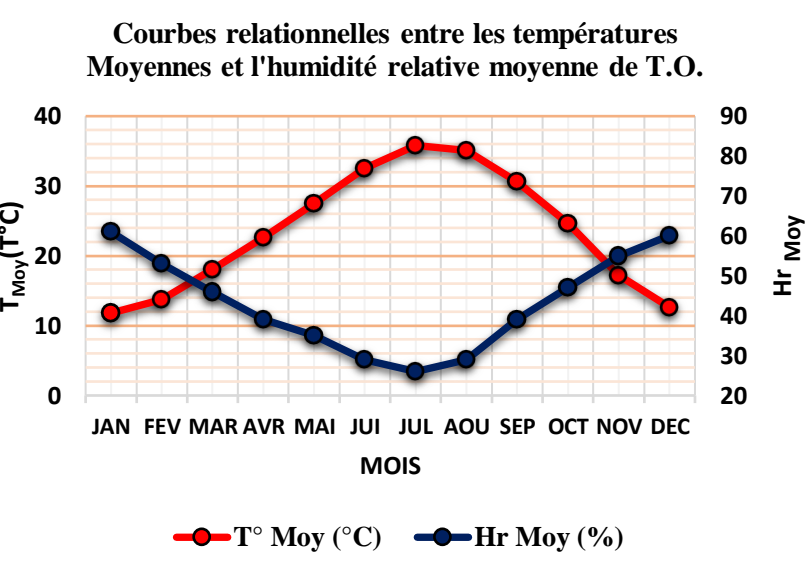


Fig. I. 22 : Moyennes mensuelles d'humidité relative moyenne de T.O entre 2008/2018.  
 Source : ONM de Boukhalfa Op.cit. / Auteurs.

**Synthèse :** Selon les données météorologique, la ville de Tizi-Ouzou est caractérisée par un degré hygrométrique assez élevé ne descendant jamais au-dessous de 59% durant toute l'année, avec une moyenne annuelle de 72.5 %. Les valeurs maximales sont marquées durant la période hivernale (atteignant 95.4 % en mois de Février), tandis que les valeurs minimales sont marquées en période estivale (32.6 % en mois d'Août. Notons aussi que ces valeurs sont prises à la station météorologique de Boukhalfa, où on est plus exposé au vent chassant l'humidité, l'hygrométrie devrait être supérieure en ville sous conditions climatiques en temps réel.

Ceci dit, on a soulevé plusieurs hypothèses afin de tenter d'expliquer ce taux élevé d'humidité : Tout d'abord, la présence du barrage de « Takssabt » au Sud-Est de la willaya, ainsi que de divers cours d'eau (Oued Falli, Oued Sébaou, Oued Aissi, Oued Kef Nedj, Assif El Medea ...) pourraient être responsables de cette forte humidité. De plus, la densité élevée de la végétation autour de la ville (les deux monts Hasnaoua et Belloua) est susceptible d'augmenter d'avantage ces taux d'humidité. En outre, l'existence du mont Belloua et l'emplacement de la ville (telle une cuve renfermée) pourraient amplifier encore plus cette hygrométrie ; en effet : le mont cité-précédemment joue le rôle d'un bouclier, non seulement contre les vents dominants venant du nord, mais aussi des brises fraîches maritimes venants de Tizirt et Azzefoun).

Ceci dit, afin de mieux comprendre ce taux élevé d'humidité, nous avons élaboré une comparaison avec deux autres villes (le cas d'Alger et d'Ouargla) :

Ville de Tizi-Ouzou	Ville d'Alger	Ville d'Ouargla
<p style="text-align: center;"><b>Courbes relationnelles entre les températures Moyennes et l'humidité relative moyenne de T.O.</b></p>  <p style="text-align: center;"><i>Fig. I. 23 : Relation entre les températures moyennes et l'humidité relative moyenne de T.O.</i> Source : Idem / Auteurs.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Courbes relationnelles entre les températures Moyennes et l'humidité relative moyenne d'Alger</b></p>  <p style="text-align: center;"><i>Fig. I. 24 : Relation entre les températures moyennes et l'humidité relative moyenne d'Alger.</i> Source : ONM d'Alger (Dar El Beida) – Alger Port (2007-2017) / Auteurs.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Courbes relationnelles entre les températures Moyennes et l'humidité relative moyenne de T.O.</b></p>  <p style="text-align: center;"><i>Fig. I. 25 : Relation entre les températures moyennes et l'humidité relative moyenne d'Ouargla.</i> Source : M. LAMINI Belkheir, Mémoire de fin d'étude en Vue De L'obtention du diplôme de Master en Géologie : « Indice de pollution des saumures dans les Chotts et Sebkhass de la région de Ouargla »,2016, Page 14, 17. /Auteurs.</p>
<p>Nous constatons, concernant la ville de Tizi-Ouzou, qu'il existe une relation inversement proportionnelle entre la température et l'humidité. Durant la période hivernale, les températures sont basses, tandis que l'humidité est de taux élevé, en s'approchant de plus en plus de la période estivale, les températures montent, en revanche les taux d'humidité deviennent de plus en plus bas.</p>	<p>A Alger, nous remarquons qu'il n'existe pas de relation apparente entre la température et l'humidité. Les températures, sont relativement moins chaudes qu'à Tizi-Ouzou, à cause de la présence de la mer méditerranée qui joue le rôle d'une masse d'eau absorbante la chaleur, tandis que l'humidité est relativement constante. A première vue, une évaporation des eaux de la mer méditerranéenne devrait augmenter d'avantage le taux d'humidité ; or ce dernier est plutôt constant, car un autre phénomène rentre en jeu, c'est celui des brises maritimes et terrestres, chassant ainsi l'humidité. Par conséquent, à Tizi-Ouzou, l'évaporation des eaux du barrage de « Takssabt » et des cours d'eau est insignifiante par rapport à l'évaporation des eaux de la mer méditerranéenne ; de ce fait, on déduit que les plans d'eau cités précédemment, certes augmentent ces taux d'humidité mais de manière relative voir insignifiante. Ce taux élevé à T.O serait donc le résultat d'absence des vents et des brises chassant cette humidité.</p>	<p>Nous constatons, concernant la ville de Ouargla, qu'il existe une relation inversement proportionnelle entre la température et l'humidité. Durant la période hivernale, les températures sont basses, tandis que l'humidité est de taux élevé, en s'approchant de plus en plus de la période estivale, les températures montent, en revanche les taux d'humidité deviennent de plus en plus bas : l'augmentation de la température fait accroître le volume d'air, ainsi la même humidité absolue est contenue dans un volume d'air plus grand : ce qui explique cette baisse d'humidité relative.</p> <p>La différence avec la ville de Tizi-Ouzou est qu'à Ouargla, les températures sont plus chaudes tandis que les taux d'humidité sont plus faibles, lui caractérisant ainsi un climat chaud et sec. En comparant le cadre végétal des deux villes où la ville de Ouargla est plutôt aride connue par sa sécheresse et la sécheresse de son contexte l'entourant, la ville de Tizi-Ouzou, est par contre, réputée par sa végétation accentuée de ses alentours (Les deux monts Belloua et Hasnaoua). De ce fait, on déduit que la forte présence de la végétation accentuée autour de la ville pourrait être une autre cause du taux élevé d'humidité à la ville de Tizi-Ouzou.</p>

➤ **Ensoleillement**

Tab.I.3 : Moyennes Mensuelles des durées d'Insolation à Tizi-Ouzou de la période de 2008-2018.  
Source : Idem.

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Insolation (H)	156	151	202	221	237	278	317	301	225	217	160	143

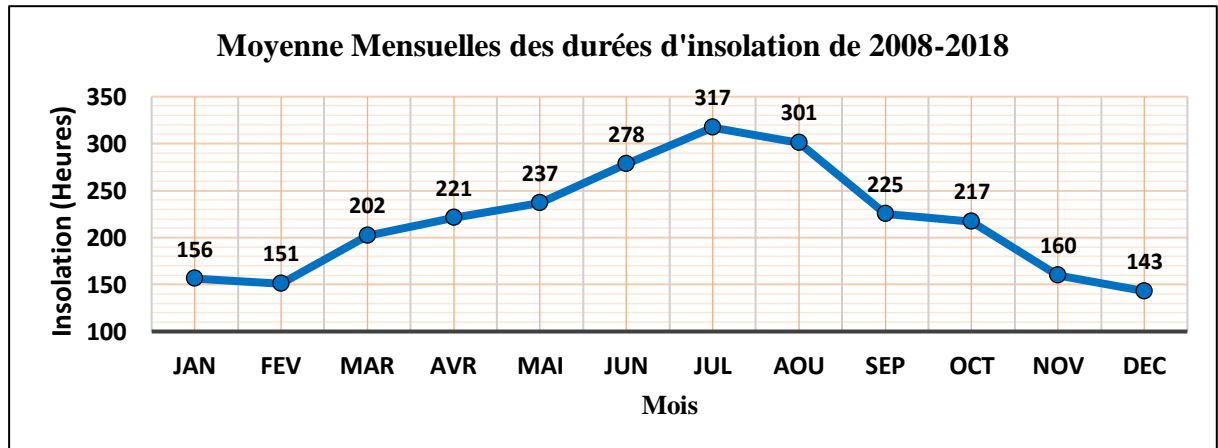


Fig. I. 26 : Moyennes mensuelles des durées d'insolation à T.O entre 2008/2018.  
Source : ONM de Boukhalfa, Op.cit. / Auteurs.

**Synthèse :** Selon l'analyse des données météorologiques, l'insolation au niveau de la ville atteint un niveau assez important surtout en période estivale : aux mois de Juillet et Août avec plus de 300 heures d'insolation par mois. Tandis qu'en période hivernale, cette durée est moins importante (143 heures en mois de Décembre marquant ainsi la valeur minimale). Nous remarquons, de plus, que la durée moyenne d'insolation au cours de l'année est très importante (2408 heures par an, soit 200 heures/mois). Ces heures d'insolation doivent être prise en considération lors de la conception du projet, d'une part, en hiver, elles constituent un apport qu'il faudrait exploiter pour générer de l'énergie et de la chaleur passivement sans avoir recours aux énergies actives, en revanche, il faudrait éviter que cette insolation devienne une source de surchauffe en été et une cause d'inconfort (thermique, visuel).

➤ **Précipitation**

C'est l'ensemble des eaux qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie) que sous forme solide (neige, grêle).

Tab.I.4 : Moyennes Mensuelles des cumuls de Précipitations à Tizi-Ouzou de 2008-2018.  
Source : Idem.

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
P Moy (mm)	107.3	92.7	127.1	93.9	68.2	16.8	6.5	13.2	40	72.5	133.2	119.7

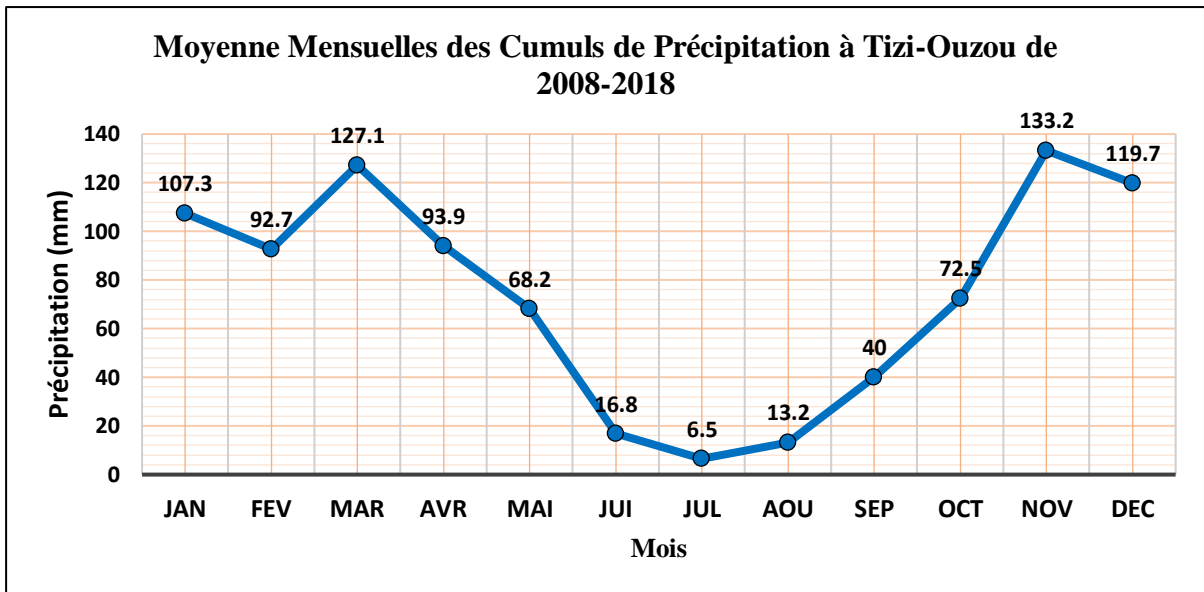


Fig. I. 27 : Moyennes mensuelles des cumuls de précipitation à T.O entre 2008-2018.  
Source : Idem. / Auteurs.

**Synthèse :** Selon les données météorologique, les précipitations dans la ville de Tizi-Ouzou peuvent être classées en deux périodes : Période pluvieuse (De Novembre à Avril), coïncidant beaucoup plus avec la période hivernale, et où les précipitations atteignent leurs apogées avec un taux de 133.2 mm en mois de Novembre : le mois le plus humide. Tandis que la deuxième est la période sèche : (De Mi-Mai à Mi-Octobre) coïncidant beaucoup plus avec la période estivale, où les précipitations deviennent très rares en atteignant un taux minimal de 6.5 mm en mois de Juillet. Ces précipitations (de taux total annuel de 891 mm) peuvent être bénéfiques en les récupérant, surtout durant la période pluviale, et en les réutilisant par la suite.

➤ **Vents**

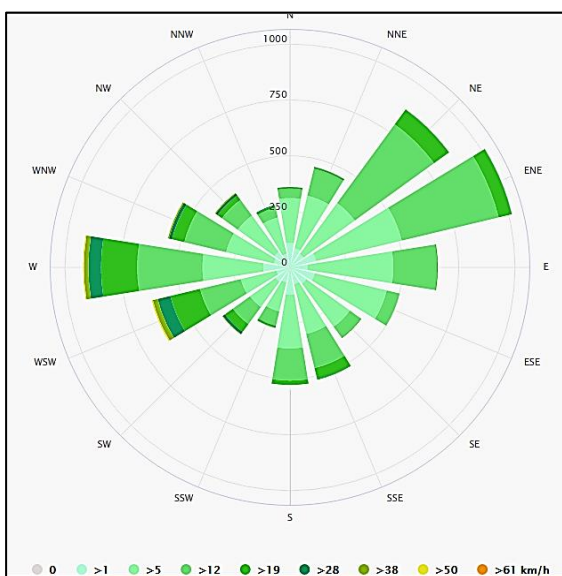


Fig. I. 28 : Rose Des Vents pour la Ville de T.O.  
Source : <https://fr.climate-data.org>

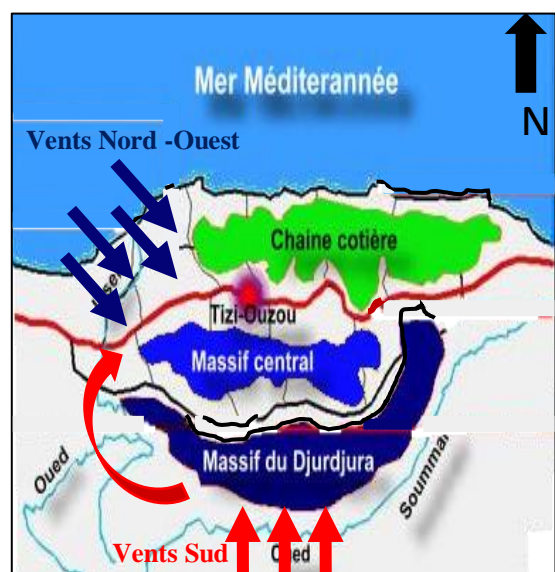


Fig. I. 29 : Source des vents dans la ville de T.O.  
Source : Service du cadastre de Tizi-Ouzou / Auteurs.

Les vents dominants de la ville de Tizi-Ouzou proviennent principalement de Nord-ouest et du Sud-Ouest :

En période hivernal, le régime des vents dominants provient de l'océan atlantique engendré par les contres Alizés du Nord-Ouest.<sup>10</sup>

En période estivale, le régime des vents dominants provient du grand Sahara engendrés par les vents chauds du Sirocco du Sud-Ouest, détournés de leur provenance initiale (Sud) par le massif de Djurdjura et le massif central.

Tab.I.5 : Moyennes Mensuelles des Vitesses du vent à Tizi-Ouzou de la période de 2008-2018.

Source : Idem.

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Vit (M/S)	1.04	1.30	1.41	1.18	0.98	1.07	1.27	1.11	1.31	0.90	0.86	0.64

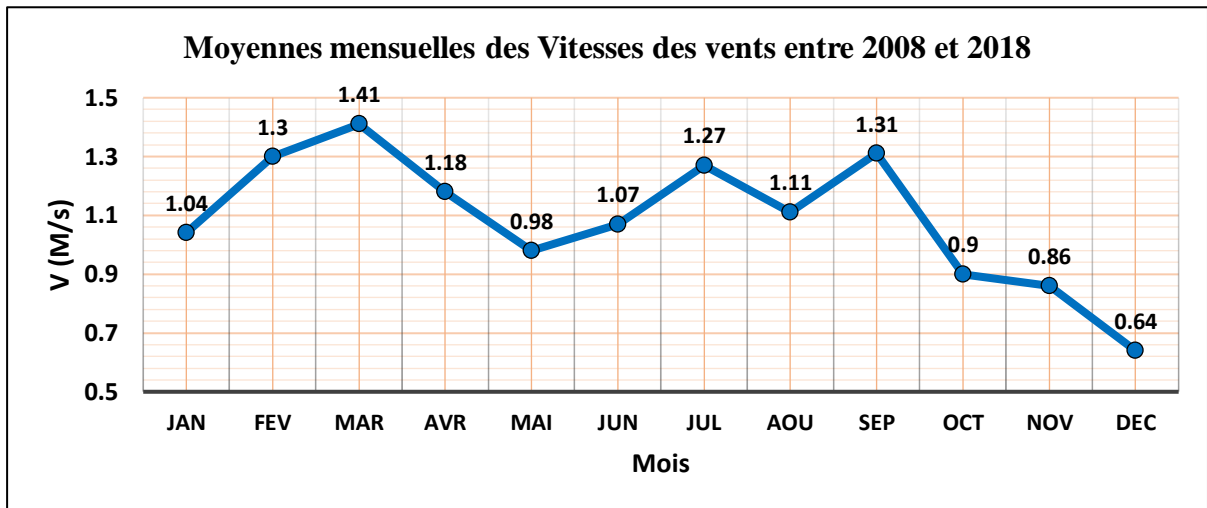


Fig. I. 30 : Moyennes Mensuelles de la vitesse des vents à T.O entre 2008-2018.

Source : Idem. / Auteurs.

**Synthèse :** Les vents dominants de la région sont de direction Ouest, Nord-Ouest en hiver et Ouest, Sud-Ouest en été. Les vitesses moyennes maximales sont enregistrées aux mois de Mars et Septembre tandis que, les vitesses moyennes minimales sont enregistrées aux mois de Novembre et Décembre.

Notons que ces valeurs sont recueillies, aussi, à la station météorologique de Boukhalfa, qui peut être classée comme zone suburbaine voir rurale. Le profil de ces vents, ainsi, en temps réels au niveau de la ville et sur notre site, peut être soit :

- Accentué par un effet de canalisation engendré par le passage de ces vents le long de ces voies (bornés entre les bâtiments).
- Freiné par ces mêmes bâtiments jouant le rôle de barrières urbaines.

<sup>10</sup> G.-Oscar Villeneuve, « *Glossaire de météorologie et de climatologie* », Éd. Les Presses de l'Université de Laval, 1980, (ISBN 2-7637-6896-2), p. 480

### Synthèse des données météorologiques

La conception architecturale est un phénomène complexe nécessitant d'introduire et d'étudier plusieurs données, parmi ces données : les données climatiques. L'étude et l'analyse de ces dernières s'avère plus que nécessaire, car le climat influence grandement et directement sur la conception des projets entraînant par la suite une variété de production architecturale dépendant du climat : c'est l'architecture du lieu.

D'après cette étude climatique faite, nous avons constaté que le climat de Tizi-Ouzou est caractérisé par un hiver pluvieux, froid et très humide, avec un été sec, chaud et moins humide (mais restant toujours supérieur à limite de la plage de confort fixée par l'ASHRAE<sup>11</sup> qui est de 50 %)<sup>12</sup> avec des durées d'insolations très importantes. Ainsi notre projet, et pour assurer le confort thermique, sera et devra confronter les contrastes de ce climat méditerranéen tempéré, marqué par ces deux périodes : Chaude (allant de Fin Mai, jusqu'à Aout) et Froide (allant de Novembre, jusqu'à Février), d'où l'importance de faire appel à des solutions et stratégies bioclimatiques chaudes et froides, et d'où la nécessité d'avoir recours au diagramme bioclimatique de Givoni abordé dans le point suivant comme outil d'aide à la décision.

#### b) Diagramme bioclimatique de Givoni

Les diagrammes bioclimatiques sont des outils de synthèse permettant de choisir les grandes solutions architecturales à partir des exigences du confort thermique et des profils du climat. Parmi ces outils on peut citer le diagramme bioclimatique d'Olgyay et celui de Givoni. Ce dernier a élaboré un outil d'interprétation de données climatiques, qui exprime sur un

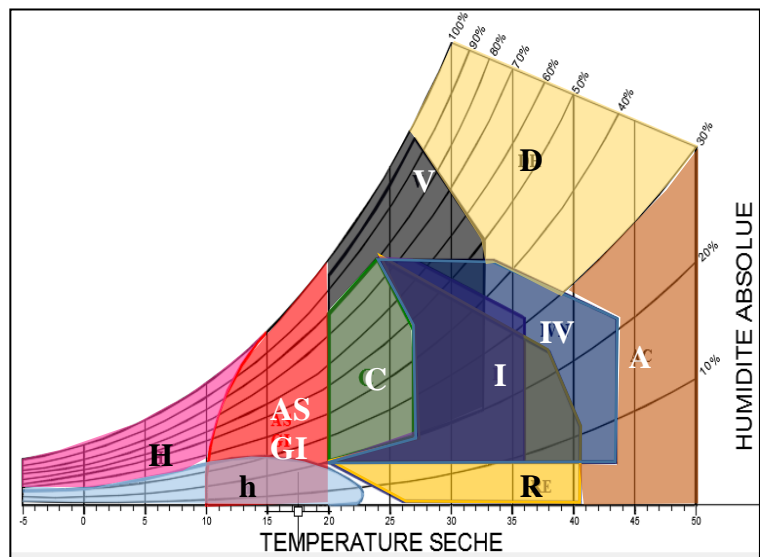


Fig. I. 31 : Différentes zones d'un diagramme psychrométrique.

Source : Cours « thermique du bâtiment » Master II.

diagramme psychrométrique ; et en se basant sur l'humidité et la température principalement ; les différents moyens d'intervention passifs et actifs nécessaires pour maintenir le confort à l'intérieur du bâtiment, en fonction des sollicitations du climat tout au long de l'année.

<sup>11</sup> American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (A.S.H.R.A.E.).

<sup>12</sup> (A.S.H.R.A.E.), « *Indoor environmental health* », in A.S.H.R.A.E handbook of fundamentals. Chapter 9. SI Editions, Atlanta, U.S.A.



### Synthèse et interprétation du diagramme

Etant convaincu que le diagramme de Givoni constitue un guide aidant l'architecte à prendre les bonnes décisions en phase d'esquisse, Il n'est cependant pas une référence exacte : c'est à l'architecte de décider d'appliquer ou pas ses recommandations afin d'assurer amplement le confort thermique. Prenons l'exemple du mois de Juin : Selon le diagramme de Givoni, une conception solaire passive associée à une inertie thermique et gains interne est nécessaire afin d'assurer le confort ! Or, d'après l'analyse climatique effectuée dans la phase précédente, ce mois-là est classé comme un mois très chaud, sec, où les températures sont très élevées ! Ce qui nous poussera à écarter cette recommandation et de garder l'autre recommandation du diagramme, celle d'assurer une ventilation naturelle renforcée par augmentation de la vitesse de l'air.

Ainsi, d'après l'interprétation du diagramme et du tableau traité par nous-même, nous avons pu classer les différents mois de l'année en différentes catégories :

- **Décembre - Janvier - Février** : Ces mois, connus par leurs hivers froids, se trouvent dans des zones où le confort hygrothermique peut être assuré par une conception solaire passive du bâtiment, tout en favorisant une bonne inertie thermique ainsi que les gains internes. Néanmoins, un recours au système de chauffage actif, notamment durant la nuit, surtout dans les jours les plus froids, reste indispensable pour l'obtention d'un confort optimal d'après le diagramme.
- **Avril - Mai - Septembre - Octobre** : Le confort thermique durant ces mois peut être obtenu naturellement, surtout pour le mois de septembre. Pour les mois : Avril, Mai et octobre, certaines actions et interventions passives sont fortement recommandés pour assurer le bien-être thermique tel que : Inertie thermique et gains internes ainsi que la conception solaire passive.
- **Juin** : le confort thermique hygrothermique selon le diagramme de Givoni est assuré naturellement, tout en ayant recours à une conception solaire passive du bâtiment associé à une bonne inertie thermique et aux gains internes pour les températures basses. En outre, une ventilation naturelle, renforcée par l'augmentation de la vitesse de l'air, est préconisée pour les températures hautes. Néanmoins, en tenant compte des températures chaudes ressenties notamment à la fin du mois durant la journée, les recommandations concernant le recours au solaire passif et aux gains internes sont à écarter. D'autre part, une protection solaire le jour, une ventilation nocturne et voir même un refroidissement mécanique à la fin du mois sont à privilégier.

- **Novembre, Mars :** Selon de diagramme de Givoni, le bien être durant le mois de Novembre peut être assuré par certaines actions et interventions passives tel que : Inertie thermique et gains internes ainsi que la conception solaire passive, Or, d'après les températures basses ressenties durant ce mois, surtout vers sa fin, un recours au chauffage actif s'avère nécessaire, notamment durant la nuit. Tandis qu'au mois de Mars, le diagramme préconise : Inertie thermique et gains internes ainsi que la conception solaire passive, appuyés par un chauffage actif. Cependant, les températures ressenties en Mars (surtout en vers sa fin) ont tendance à être de plus en plus élevées, ne nécessitant pas un chauffage actif selon notre propre interprétation notamment durant la journée.
- **Juillet – Aout :** Le confort thermique peut être obtenu en concevant une forte inertie thermique pour réduire les oscillations à l'intérieur du bâtiment, cette inertie doit être associée à une occultation solaire et à la ventilation nocturne. Notons que les grandes surfaces de plans d'eaux sont à éviter, car leurs évaporations augmentent le taux d'humidité coïncidant déjà avec la moyenne haute acceptable (60%).

### **Synthèse des données climatiques et du diagramme de Givoni**

D'après le diagramme de Givoni, et le climat de Tizi-Ouzou, on déduit que le projet sera confronté aux contrastes du climat méditerranéen, froid en hiver et chaud en été. Nous concluons aussi que ce même diagramme, et dans le but d'assurer le confort thermique, prévoit des dispositifs et des solutions bioclimatiques selon deux stratégies : Stratégie du Chaud et stratégie du froid. Ceci nous a menés à classer les différents mois de l'année en deux périodes, dont on attribue à chacune, une stratégie :

La période hivernale : Allant de Septembre jusqu'à Mars à laquelle on attribue une stratégie de Chaud se basant sur les gains internes, le solaire passif, le chauffage actif ...

La période estivale : Allant de Mars jusqu'à Septembre à laquelle on attribue une stratégie de Froid reposant sur les protections solaires et la ventilation naturelle renforcée.

**c) Diagramme solaire**

Le diagramme Solaire n'est rien d'autre qu'une réponse trouvée à la question suivante : « A quel moment un point, puis par extension, un plan entier, est-il ensoleillé, en fonction de la latitude du lieu, de ce qui l'entoure et de son exposition ? ». Ainsi le diagramme solaire est une représentation plane en coordonnées locales de la trajectoire du soleil, perçue depuis un point de la surface terrestre.<sup>13</sup>

➤ **Les coordonnées angulaires du soleil**

La position précise du soleil dans le soleil à un moment donné se détermine à l'aide de deux coordonnées : La Hauteur : qui est l'angle formé par le rayon solaire et le plan horizontal (entre 0° et 90 °). L'Azimut : est l'angle formé par le tracé du soleil sur le plan horizontal et la direction nord, suivant le sens des aiguilles d'une montre.<sup>14</sup>

La figure 34 montre le diagramme solaire de la ville de Tizi-Ouzou. Selon la date, l'heure et l'orientation, l'exposition solaire se diffère. Le diagramme solaire ci-dessous représente les courses du soleil dans le ciel et montre la position du soleil dans le ciel à tout moment sous une latitude donnée. Ceci se traduit comme suit

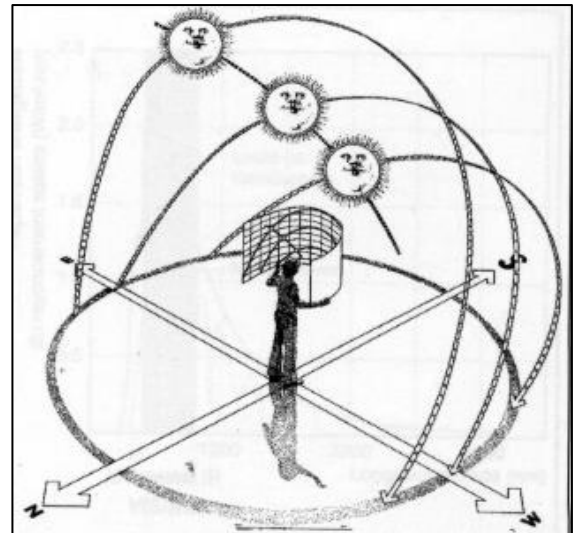


Fig. I. 32 : Course du soleil durant la journée.  
Source : Cours Master II « architecture durable ».

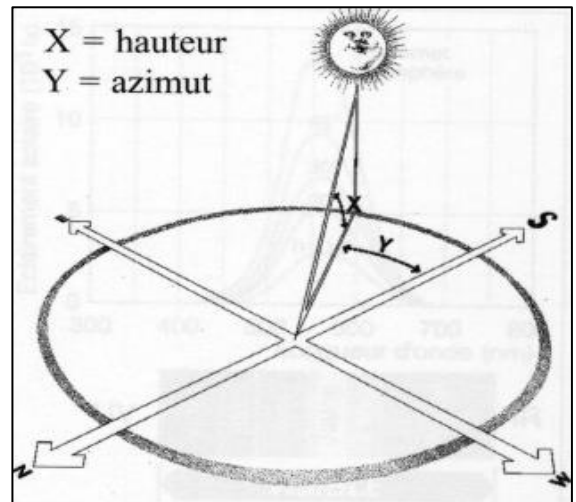


Fig. I. 33 : Coordonnées angulaires du soleil.  
Source : Cours Master II « L'architecture & les paramètres du climat ».

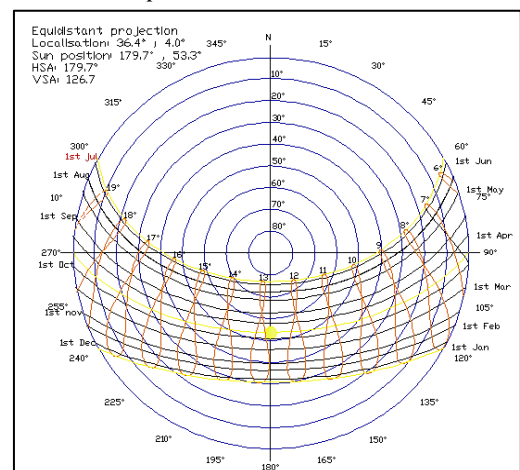


Fig. I. 34 : Diagramme solaire de la ville de T.O.  
Source : Cours Master II « L'architecture & les paramètres du climat ».

<sup>13</sup> Chabi Mohammed, l'architecture et les paramètres du climat, notes de cours Master 2 UMMTO, 2018.

<sup>14</sup> Ibid.

➤ **Diagramme solaire du site d'intervention**

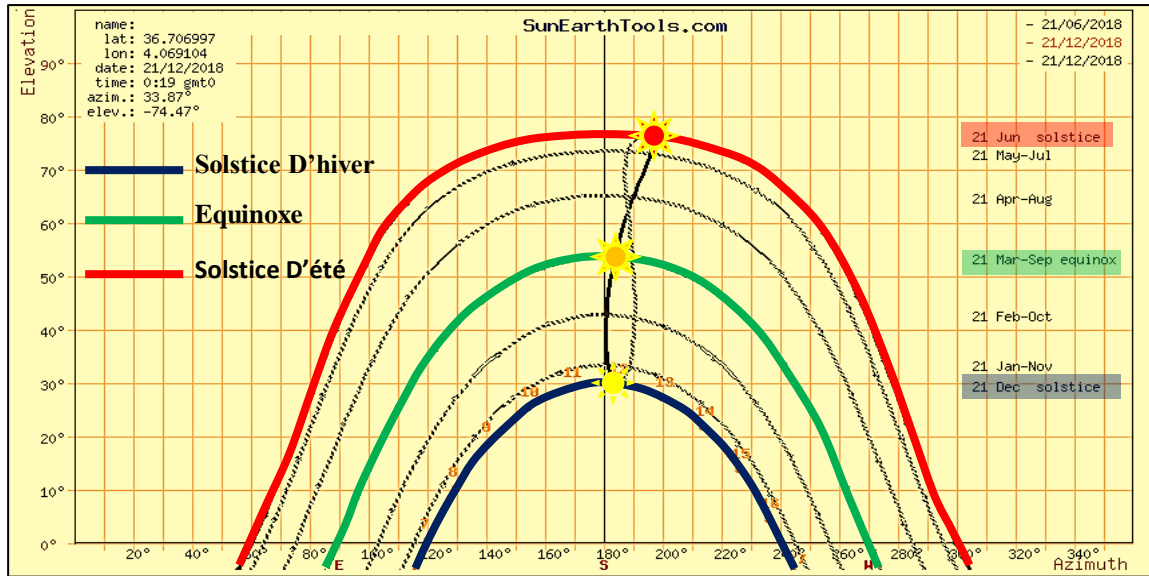
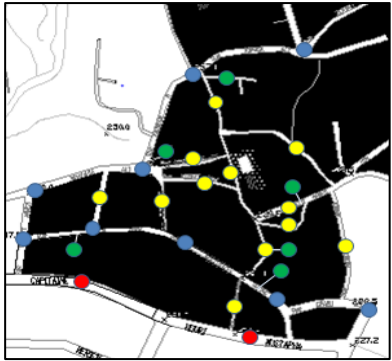

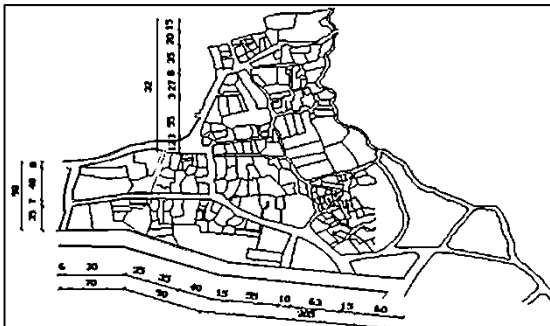


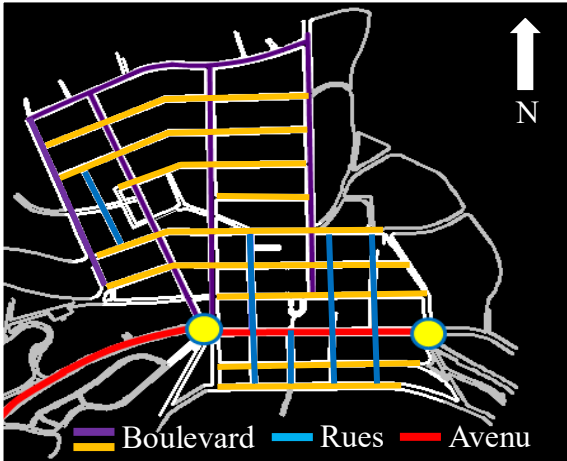
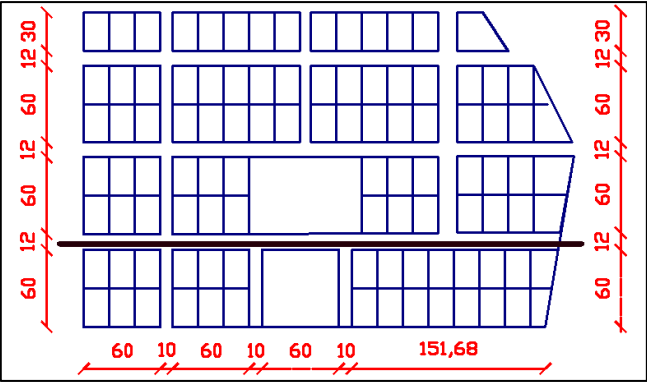
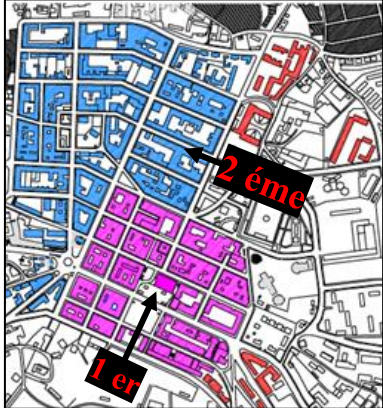


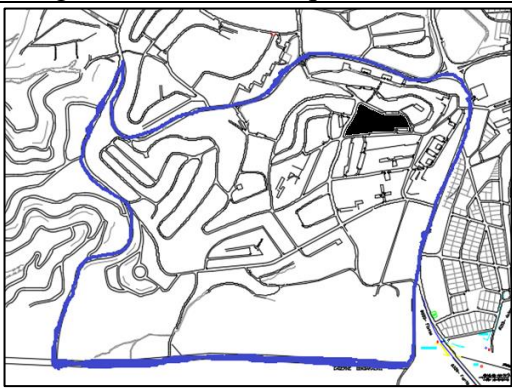
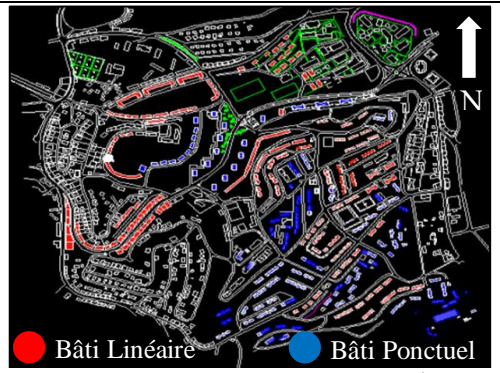


Fig. I. 35 : Diagramme Solaire du Site d'intervention.  
 Source : [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php).

**Synthèse**

Solstice d'hiver : le 21	Equinoxe de	Solstice d'été : le 21
<p>Décembre, pour le site choisi, le soleil s'est levé du sud-est à 07 h 52 mn. C'est à 12 h 41 que sa hauteur devienne maximale (29.86 °). Par la suite il décrut rapidement pour atteindre une altitude de 4.51° seulement à 17 h 00. Le soleil s'est couché au Sud-Ouest, aux environs de 17 h 31 mn.</p>	<p><b>printemps</b> : le 21 Mars, pour le site choisi, le soleil s'est levé de l'est à 06 h 46 mn. C'est à 12 h 50 que sa hauteur devienne maximale (53.52 °). Par la suite il décrut progressivement mais reste à une hauteur de 33.22° même à 16 h 00. Le soleil s'est couché à l'Ouest, aux environs de 18 h 56 mn.</p>	<p>Juin, pour le site choisi, le soleil s'est levé du nord-est à 05 h 25 mn. C'est à 12 h 45 que sa hauteur devienne maximale (76.73°). Par la suite il décrut progressivement mais reste à une hauteur de 34.38° même à 17 h 00. Le soleil s'est couché au Nord-Ouest, aux environs de 20 h 05 mn.</p>
<p>Le soleil est plus bas en hiver et ses rayons tombent horizontalement, chauffent et éclairent timidement le site. Le soleil met moins de temps pour parcourir le ciel, de son lever à son coucher, résultant en des journées courtes.</p>	<p>Le soleil est à mi-hauteur dans le ciel au printemps et en automne, ses rayons chauffent et éclairent, la parcelle, moins qu'en été et plus qu'en hiver. La durée du jour et de la nuit sont presque identiques.</p>	<p>Le soleil est plus haut en été et ses rayons tombent verticalement, chauffent et éclairent l'assiette. Il met plus de temps pour parcourir le ciel, de son lever à son coucher résultant en des journées assez longues.</p>

I.1.1.8 Lecture synchrone de la ville

	La Trame Urbaine	Le Système Viaire	Le Découpage Foncier	Organisation du bâti et espaces non bâti
<b>Tissu Traditionnel</b>	 <p>Fig. I. 36 : Trame Urbaine de 1<sup>er</sup> Tissu.</p> <p>La trame urbaine du 1<sup>er</sup> Tissu présente un aspect irrégulier comportant des mailles de formes et de dimensions différentes. Cette irrégularité est due à la morphologie du terrain.</p>	 <p>Fig. I. 37 : Hiérarchisation du système Viaire du 1<sup>er</sup> Tissu.</p> <p>L'aspect formel est Organique arborescent &amp; linéaire. Les voies sont Hiérarchisées selon leurs dimensions tandis que la logique de leurs Tracées est dictée par la Topographie du terrain.</p>	 <p>Fig. I. 38 : Découpage Foncier du 1<sup>er</sup> Tissu.</p> <p>Le découpage des îlots et des parcelles est irrégulier dicté par la topographie du terrain et le respect du parcellaire juridique. La forme des îlots est irrégulière voir organique ainsi que celle des parcelles</p>	 <p>Fig. I. 39 : Occupation du bâti dans le 1<sup>er</sup> tissu.</p> <p>Le bâti présente un caractère traditionnel groupé et planaire. Son occupation est périmétrale ou périphérique, organisé autour d'une cour centrale ou un jardin.</p>
<b>Tissu Colonial</b>	 <p>Fig. I. 40 : La Trame Urbaine du 2<sup>ème</sup> Tissu.</p> <p>Représenté par un tracé en damier : c'est le résultat du découpage foncier du génie militaire.</p>	 <p>Fig. I. 41 : Hiérarchisation du système Viaire du 2<sup>ème</sup> Tissu.</p> <p>Tracé en damier ; les voies parallèles et perpendiculaires qui le composent résultent d'un tracé structuré et organisé géométriquement selon le modèle d'urbanisme métropolitain colonial.</p>	 <p>Fig. I. 42 : Découpage Foncier du 2<sup>ème</sup> Tissu.</p> <p><b>1<sup>er</sup> noyau</b> : la forme des îlots est carrée ou rectangulaire, caractérisé par un module de base de 75 m de côté. L'îlot est découpé en 6 parcelles rectangulaires selon un module de base de (20x30cm). <b>2<sup>ème</sup> noyau</b> : les la forme des îlots est rectangulaire, leurs formes épousant la morphologie du terrain ainsi que sa direction.</p>	 <p>Fig. I. 43 : Occupation du bâti dans le 2<sup>ème</sup> tissu.</p> <p>L'occupation du bâti ; dans <b>1<sup>er</sup> noyau</b> ; est périmétrale, où une cour centrale se trouve au centre de la parcelle : c'est <b>îlot fermé</b>. Tandis que dans le <b>2<sup>ème</sup> noyau</b>, on y distingue la prédominance de <b>la barre</b>, ainsi que les <b>immeubles à coursives</b>. Les immeubles constituent des ensembles monofonctionnels (habitation ou équipement).</p>
<b>Tissu ZHUN</b>	 <p>Fig. I. 44 : Trame Urbaine du 3<sup>ème</sup> Tissu.</p> <p><b>La Trame Urbaine</b> L'entité de la ZHUN forme un tracé urbain irrégulier n'obéissant à aucune logique urbaine.</p>	 <p>Fig. I. 45 : Système Viaire du 3<sup>ème</sup> Tissu.</p> <p>La Hiérarchie des voies est distinguée selon leur rôle de distribution : Voie de distribution, desserte et liaison.</p>	 <p>Fig. I. 46 : Découpage Foncier du 3<sup>ème</sup> Tissu.</p> <p>La morphologie du terrain le tracé des voies ont engendrés que les îlots soient de forme irrégulières.</p>	 <p>Fig. I. 47 : Occupation du bâti dans le 3<sup>ème</sup> tissu.</p> <p>Le bâti est soit <b>linéaire</b>, ou <b>ponctuel</b>. La première morphologie, est liée aux immeubles de commerces / services, alignés par rapport aux voies. Tandis que la deuxième, n'obéit à aucune logique de continuité ou d'alignement.</p>

**I.1.2. Analyse du contexte réduit**

**I.1.2.1. Présentation du site et de la structure existante**

Le site « Ex-Habitat » se situe à proximité de l'entrée Est de la ville de Tizi-Ouzou. C'est un site boisé et peu dense en bâtiments où s'édifie en partie l'annexe du département d'architecture de la faculté du « Génie de la construction » de l'Université Mouloud MAMMERRI et une cité universitaire d'environ 320 lits.

Cet établissement d'architecture fût conçu en 1978, c'était à l'origine un centre de formation professionnelle de technicien de l'habitat et d'urbanisme « CFPTHU ». Ce fût le cas jusqu'en 1989, année durant laquelle ce centre de formation est délocalisé vers le ministère des études supérieures laissant ainsi place à l'enseignement de l'architecture. De nos jours, « l'Habitat » accueille uniquement le dernier niveau d'études d'architecture « Master II » de l'UMMTO.<sup>15</sup>

**I.1.2.2. Situation et accessibilité**

**a) Situation**

Le site de l'Ex-Habitat se situe à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou, près de l'entrée de la ville, entre M'douha (au Nord) et la Z.H.U.N (au Sud). C'est une zone semi urbaine, à faible densité.

**b) Accessibilité**

- L'avenue « Chabane Achène » (RN12) du côté Nord-Ouest ;
- La route de liaison des deux nœuds « Krim Belkacem » et « Chabane Achène » du côté Sud-Ouest ;
- D'une voie mécanique/piétonne débouchant de la route de liaison du côté Sud.

La création du Boulevard « Krim Belkacem » en 1991 et de la rocade Sud en 2005 ont fait de cette zone un carrefour très accessible, et trop fréquenté à certaines heures d'un point de vue la circulation automobile au niveau des nœuds.

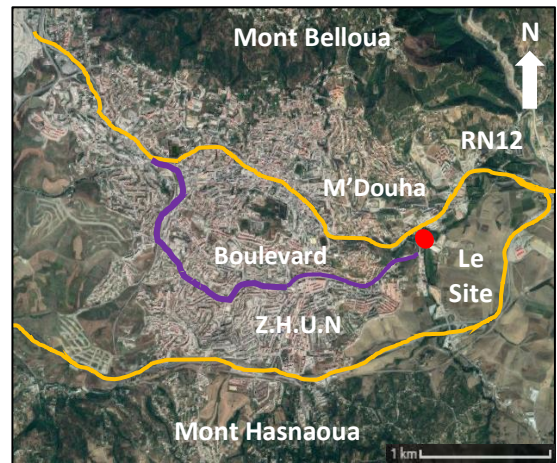


Fig. I. 48 : Localisation de l'Ex-Habitat.  
Source : Google Earth, / Auteurs.



- Avenue Chabane Ahcène
- Liaison RN12 – Boulevard Krim Belkacem
- Voie d'accès
- Liaison avec la rocade SUD

Fig. I. 49 : Accessibilité au site.  
Source : Google Earth / Auteurs.

<sup>15</sup> Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou [En ligne] Disponible sur <[http://fgc.ummt0.dz/?page\\_id=540](http://fgc.ummt0.dz/?page_id=540)> consulté le 15.01.2019

**I.1.2.3. Analyse de l'environnement immédiat et de la structure existante**

**a) Analyse de l'environnement naturel/physique immédiat**

➤ **Morphologie et topographie**

La parcelle d'intervention est de forme irrégulière. Elle a une superficie de 1.5 Ha, tandis que sa pente est relativement nulle (1%).

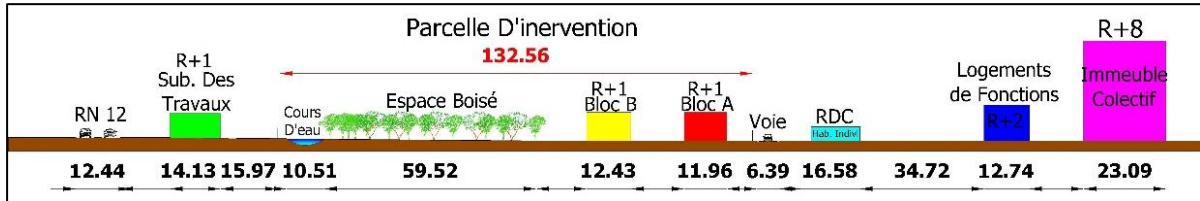


Fig. I. 50 : Coupe longitudinale sur la parcelle d'intervention.

Source : Auteurs.

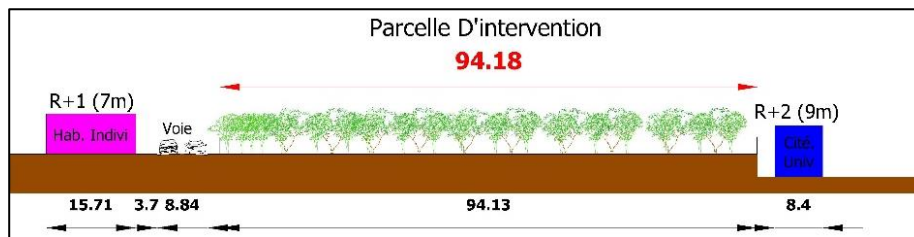


Fig. I. 51 : Coupe transversale sur la parcelle d'intervention.

Source : Auteurs.

➤ **Végétation**

La forte présence de végétation est une des caractéristiques principales du site, étant anciennement un verger, il dispose d'une végétation dense et variée qui participe à la création d'un micro climat mais aussi à créer de l'ombrage, délimiter des espaces, habiller des coins, protéger des vents... On retrouve des pins, des arbres fruitiers, des arbres à feuillage caduques, des palmiers, des buissons, des roseaux...

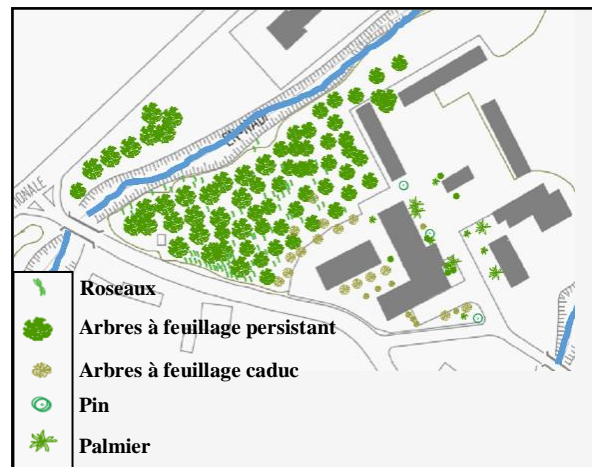


Fig. I. 52 : Typologie de la végétation dans le site.

Source : Auteurs.



Fig. I. 53 : Différentes typologies de végétation présente sur le site

Source : Auteurs

➤ **Hydrologie**

Un cours d'eau traverse la parcelle d'intervention du Nord-Ouest au Nord-Est : « El Nadi ». Il ne faudra pas négliger son impact sur le projet et inversement.



Fig. I. 54 : Cheminement du cours d'eau dans la parcelle accompagné d'illustrations.

Source : Auteurs.

➤ **Cadre visuel et paysage**



Fig. I. 55 : Végétation Dense et obstacles visuels présents du côté Nord.

Source : Auteurs.



Fig. I. 56 : Vue dégagée sur deux constructions et de la végétation éparse du côté Ouest.

Source : idem.



Fig. I. 57 : Vue sur la cité universitaire et de la végétation dense en arrière plan du côté Est.

Source : idem.



Fig. I. 58 : Vue dégagée sur terrain agricole du côté Sud-Est et des bâtiments faisant office d'obstacles visuels du côté Sud-Ouest.

Source : Idem.

**Synthèse :** Le cadre visuel sans être exceptionnel est plutôt dégagé et agréable donnant sur beaucoup de verdure, sauf des côtés Nord et Sud-Est, où la vue est peu intéressante.

**b) Analyse de l'environnement bâti immédiat**



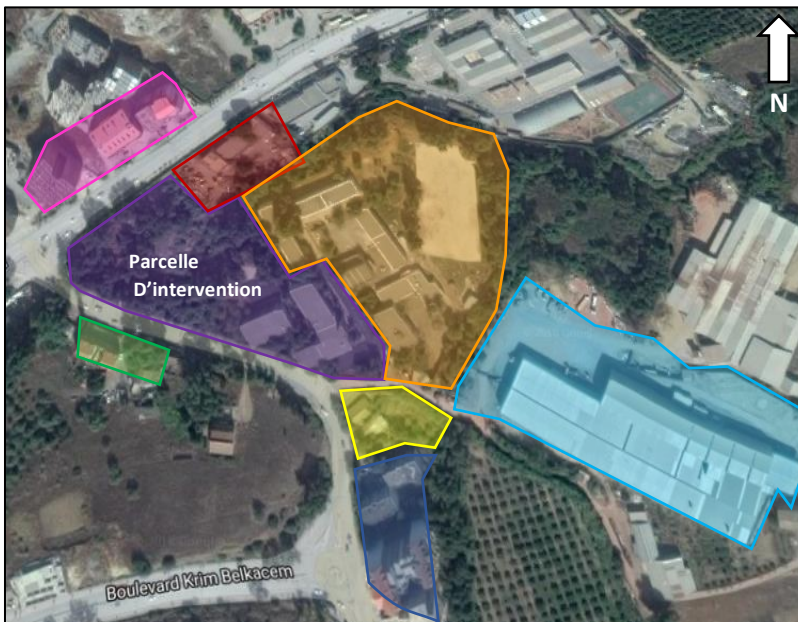
*Fig. I. 60 : Immeuble collectif en construction au Nord, R+9*



*Fig. I. 61 : Immeuble collectif en construction au Nord, R+6*



*Fig. I. 62 : Immeuble collectif en construction au Nord, R+6*



*Fig. I. 59 : Carte du cadre bâti environnant l'ex-Habitat.  
Source : Google Earth / Auteurs.*



*Fig. I. 63 : Subdivision des travaux publics de T-O, au Nord-Est, R+1*



*Fig. I. 64 : Cité Universitaire de l'Ex Habitat à l'Est, R+1*



*Fig. I. 67 : Habitat collectif au Sud, R+2 à R+8*



*Fig. I. 66 : Atelier de plein pied au Sud*



*Fig. I. 65 : Briqueterie de plein pied au Sud-Est*

**Synthèse**

Le cadre bâti est plutôt éparé, il varie de R à R+9, de style moderne se distinguant les uns des autres par leur diversité fonctionnelle : Briqueterie, habitation, cité universitaire, commerce ...etc. Il ne faudra pas négliger le gabarit au niveau de l'étude bioclimatique, pouvant jouer le rôle de masques solaires. De plus, nous remarquons que notre parcelle d'intervention n'est pas vierge, elle contient une structure existante.

**c) Analyse de la structure existante**

La méthodologie suivie pour l'analyse de la structure existante se résume en deux phases :

- L'analyse fonctionnelle, formelle et structurelle du bâti existant
- L'élaboration d'une enquête transversale par questionnaire auprès des étudiants de l'Ex-Habitat dans le but d'évaluer la structure existante et le confort intérieur. Par la suite, on procédera à l'interprétation des résultats du questionnaire et à la prise de décision sur le degré d'intervention nécessaire sur le bâti existant.

➤ **Analyse fonctionnelle**

La structure existante se compose de deux bâtiments édifiés en 1978 : les blocs « A » et « B » qui servent actuellement d'ateliers, de salle de lecture, de bibliothèque et de laboratoire pour les étudiants en « Master 2 » d'architecture.

On accède à la parcelle par le Sud Est.

- **Bloc A** : De forme « L » et en R+1, ce bloc accueille :

13 ateliers, une salle de lecture et un laboratoire. Le hall central, lieu clé de l'établissement est un espace organisateur qui permet la rencontre et l'échange entre les étudiants.

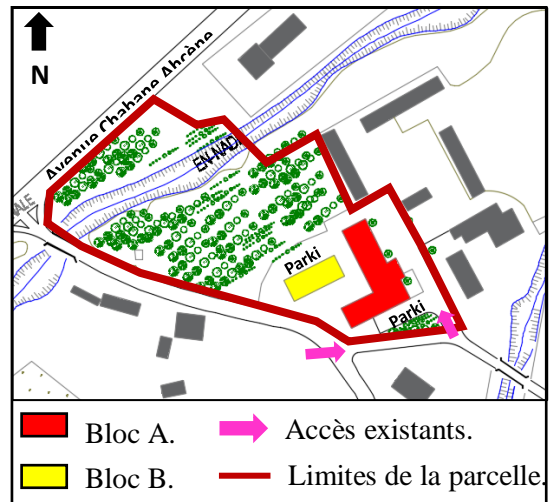


Fig. I. 68 : Carte de zone d'étude.  
Source : Auteurs.

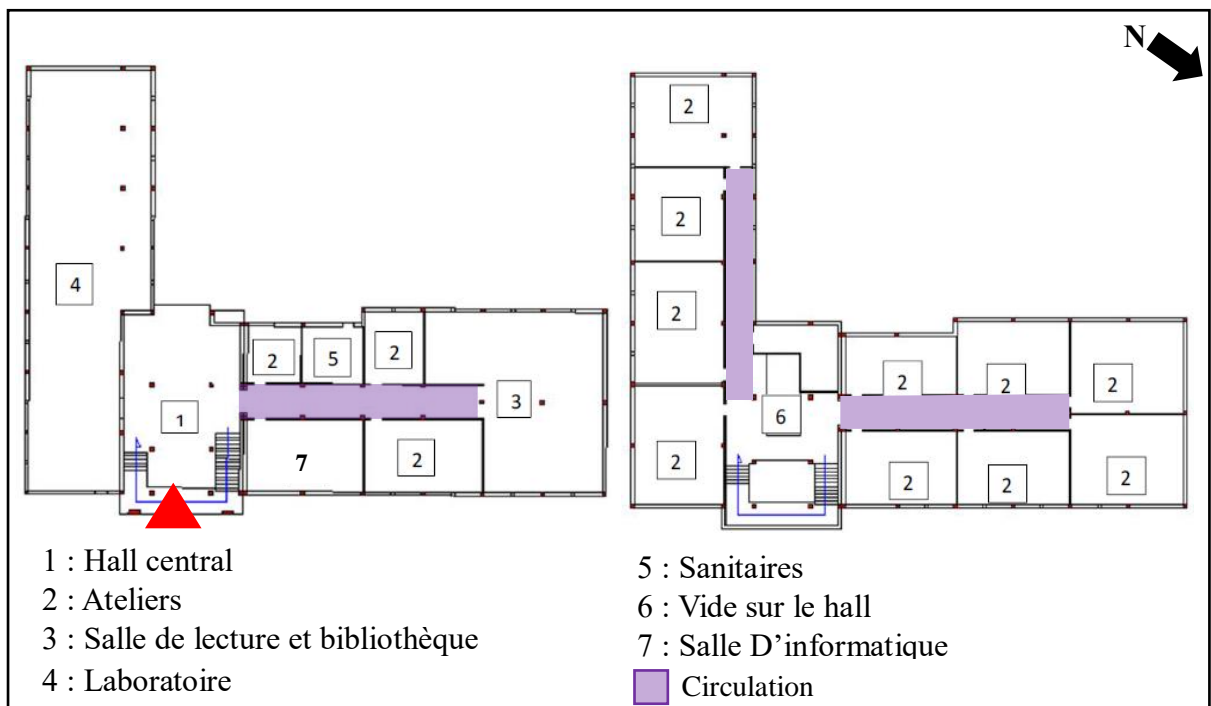


Fig. I. 69 : Plan du RDC et du 1er étage du Bloc A de l'Ex-Habitat.  
Source : Auteurs.

- **Bloc B** : De forme parallélépipédique et en R+1, ce bloc accueille 10 ateliers.

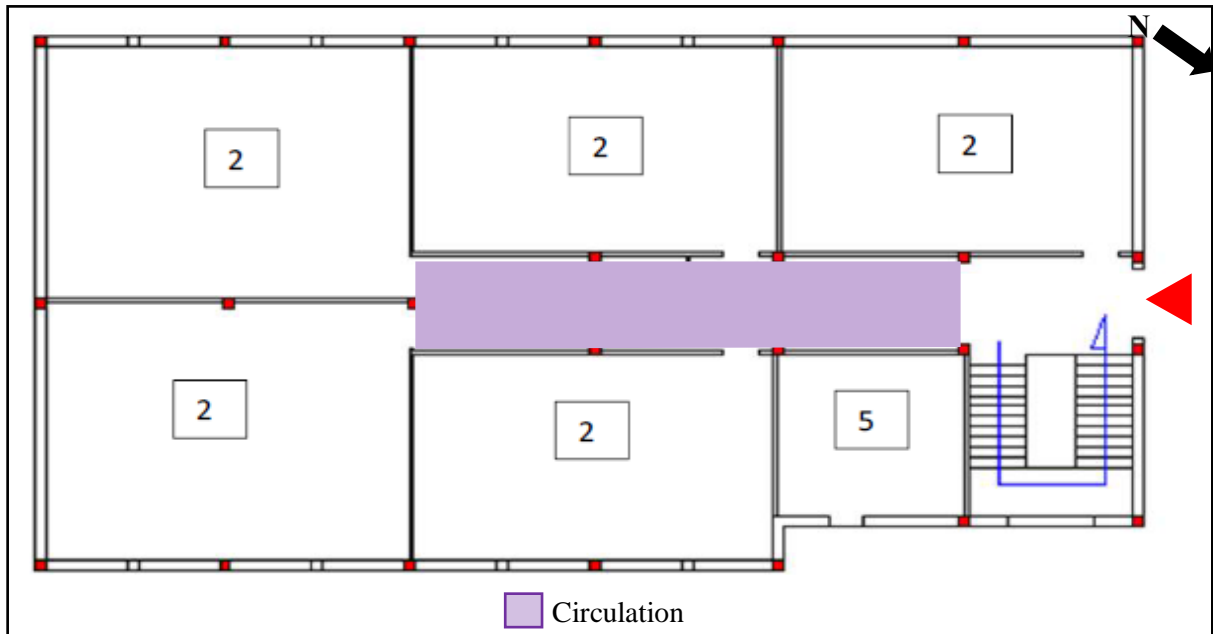


Fig. I. 70 : Plan courant du "Bloc B" de l'Ex-Habitat.  
Source : Auteurs.

Bloc	Niveau	Entité	Espaces	Surfaces
A	RDC	Recherche	01 X Labo	300 m <sup>2</sup>
		Pédagogique	03 X Atelier	De 59 à 72 m <sup>2</sup> .
			Salle Informatique	57 m <sup>2</sup>
			Bibliothèque	25 m <sup>2</sup>
			Salle de Lecture	50 m <sup>2</sup>
		04 X WC	9 m <sup>2</sup>	
1 <sup>er</sup> Etage	Pédagogique	10 X Ateliers	59 à 72 m <sup>2</sup> .	
B	RDC	Pédagogique	05 X Ateliers	9 m <sup>2</sup>
			04 X WC	
	1 <sup>er</sup> Etage	Pédagogique	05 X Ateliers	Idem.

### Interprétation des données de l'enquête

Une majorité du panel interrogé estime que les espaces ne répondent pas aux besoins qualitatifs et quantitatifs d'un établissement d'enseignement de l'architecture.

- Espaces suffisants et qualitatifs
- Espaces insuffisants mais qualitatifs
- Espaces suffisants mais peu qualitatifs
- Espaces insuffisants et peu qualitatifs

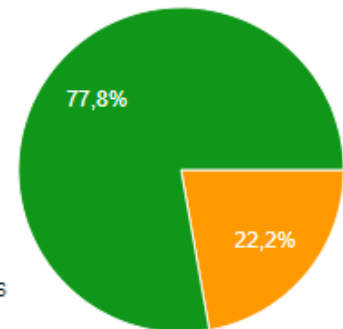


Fig. I. 71 : Evaluation des espaces existants par les étudiants.  
Source : Google Forms / Auteurs.

**Synthèse :** En se basant sur l'analyse fonctionnelle et l'interprétation des données de l'enquête, les espaces des deux blocs ne répondent plus aux exigences qualitatives et quantitatives de l'enseignement de l'Architecture. Ceci est appuyé d'autant par l'utilisation de certains espaces (tel que la salle de lecture) pour le déroulement d'autres disciplines hors de leurs fonctions initiales (transmission des cours, travaux de confection de maquettes ...). De plus, l'état de dégradation dû à l'usure du temps, à l'absence d'entretien et à l'humidité complique d'autant plus la tâche.

➤ **Analyse formelle et analyse des façades**

L'école fut construite selon le style architectural du XX<sup>ème</sup> siècle. Caractérisée par un soubassement en béton, un corps et un couronnement marqué par un acrotère en saillie. La volumétrie est marquée par la dominance de l'horizontalité accentuée encore plus par l'horizontalité des façades et la succession des fenêtres marquant une sorte d'une longue ouverture en bandeau. Afin d'éviter cette rigidité, la structure verticale (poteaux) est conçue de manière à être apparente formant des bandes verticales peintes en rouge, cassant ainsi l'horizontalité monotone des façades et créant un contraste entre horizontalité et verticalité. De grands pins, à leur tour sont plantés dans le même but.

Nous constatons aussi deux bacs plantés qui contribuent à marquer le seuil d'entrée au « Bloc A ».



Fig. I. 72 : Façade Nord-Est du "Bloc A" - Ex-Habitat.

Source : Auteurs.

- **Interprétation des données de l'enquête**

Une grande majorité des personnes sondées trouvent que l'image de l'établissement est dégradée, vétuste et désagréable. Cela peut s'expliquer par :

- Le contraste entre le plein et le vide est mal maîtrisé, car une prédominance écrasante des parois vitrées est vite remarquée.
- Les parois vitrées marqués par les fenêtres modulaires (02 x 02 m) donnent à la façade un aspect trop régulier, monotone ainsi on parle de répétition mais pas de rythme.
- Les arbres viennent dans le but de rééquilibrer entre l'horizontalité et la verticalité des façades mais leurs emplacements et leurs échelles sont mal conçues, en gênant et en rendant la lecture de la façade moins facile.

- Les façades sont dans un état délabré et leur ordonnancement est trop classique.
- Absence d'une interface architecturale permettant de distinguer l'école depuis l'extérieur.

**Synthèse :** L'état des façades renvoie une mauvaise image de l'établissement, un nettoyage et un ravalement de façade semblent indispensables pour une interface rayonnante et contemporaine.

#### ➤ Diagnostic structurelle

La structure des deux blocs est en poteau-poutre (coulé sur place) en béton armé (30x30), et les dalles sont en plancher à corps creux (parpaings) y compris celle des terrasses inaccessibles.

Des murs porteurs viennent soutenir l'escalier à limons du « Bloc A ». Notons aussi que deux joints de dilatation séparent le « bloc A » en 3 parties.

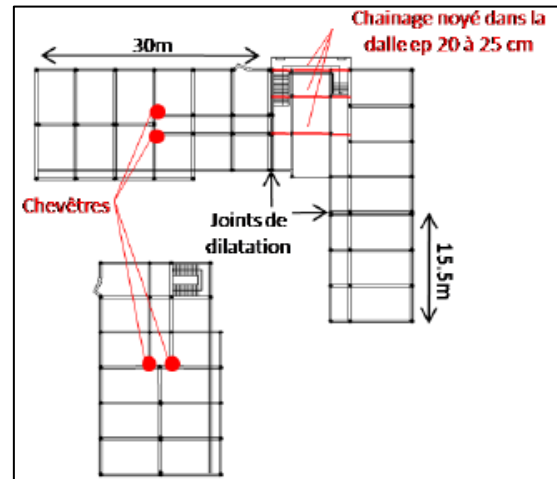


Fig. I. 73 : Typologie Structurelle de l'habitat.  
Source : Auteurs.

**Synthèse :** La structure est plutôt en bon état et semble encore résister aux contraintes voir même à faire des extensions verticales sans remettre en cause la stabilité de l'ouvrage.

#### ➤ Analyse des confort

Plusieurs études sur les bâtiments d'enseignement établies par des chercheurs confirment que les conditions de travail (notamment le confort thermique) ont un impact sur les capacités mentales et physiques des étudiants. Des températures trop chaudes réduisent la performance, tandis que des températures trop froides ont tendance à diminuer l'habileté manuelle et la vitesse d'exécution des tâches. Harner<sup>16</sup> a conclu que l'augmentation de la température et de l'humidité accroît la sensation d'inconfort des élèves et impacte leur temps d'attention et leur accomplissement. Il s'impose donc, d'accorder de l'importance aux différents confort dans notre analyse.

#### • Diagnostic thermique

L'absence d'une réflexion bioclimatique à la conception semble coupable de sensations d'inconfort thermique ressenties : trop froid en hiver, surchauffe en été, cette impression semble partagée par une majorité d'étudiants.

<sup>16</sup> Harner.D., « *Effects of thermal environment on learning skills. the educational facility planner, cite in Esteban Emilio Montenegro Iturra* », 2011.

**- Interprétation des données de l'enquête**

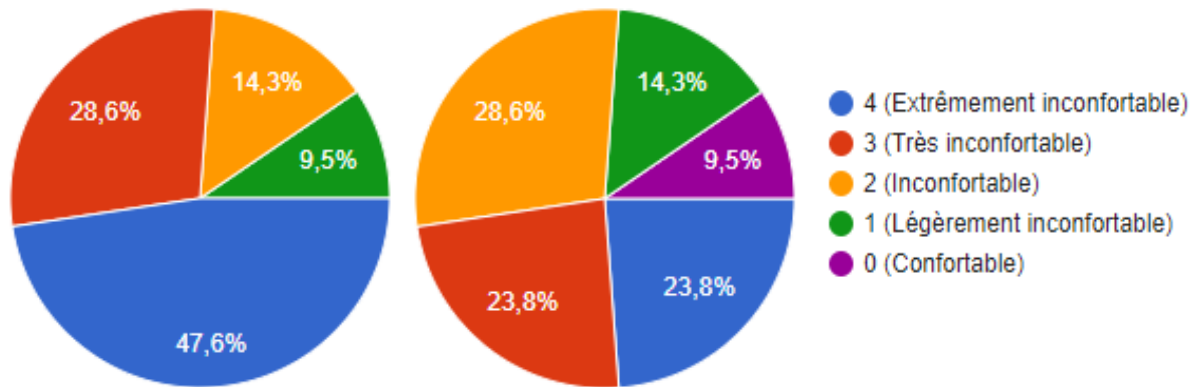


Fig. I. 74 : Evaluation du confort thermique au sein des ateliers durant les deux périodes selon les étudiants.  
Source : Google Forms / Auteurs.

Le confort thermique est évalué majoritairement comme étant inconfortable voir extrêmement inconfortable, durant les deux périodes et cela malgré l'utilisation d'un radiateur pour chauffer en Hiver, notamment pour les ateliers orientés Nord-Est. Tandis qu'en période chaude, ces ateliers Nord-Est ressentent un léger inconfort contrairement aux autres ateliers qui ressentent une grande sensation d'inconfort. Les ateliers Sud-Est et Sud-Ouest souffrent notamment en période chaude de surchauffe.

Deux facteurs importants influents sur ce confort : l'orientation et le ratio vitrage/murs opaques ainsi que l'enveloppe du bâtiment :

**- L'orientation et le ratio vitrage /murs opaques**

Environ 60 % de la façade orientée Sud est vitrée : Le rayonnement solaire pénètre à l'intérieur des espaces à travers le vitrage pour les chauffer, offrant une température ambiante et confortable pendant toute la journée en hiver, mais cette chaleur devient



Fig. I. 75 : Causes de surchauffe des ateliers orientés Sud.  
Source : Auteurs.

insupportable en été ce qui engendre des sensations d'inconfort, il est pourtant conseillé pour la ville de T.O que la surface vitrée des façades Sud ne dépasse pas les 40%.<sup>17</sup> A cela s'ajoute l'albédo généré par le bitume du parking. Tandis que les façades Nord, ne recevant pratiquement pas de rayons solaires souffrent du froid en Hiver amenant à une surconsommation d'énergie pour le chauffage.

<sup>17</sup> Recommandations des tables de Mahoney.

**- L'enveloppe du bâtiment**

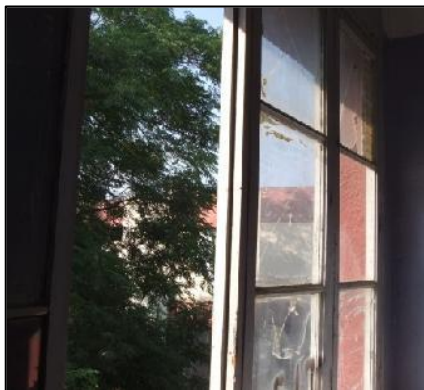
Autre responsable de cet inconfort : la faible capacité isolante de l'enveloppe, qui est une double paroi en brique avec lame d'air et vitrage simple causant ainsi de fortes déperditions thermiques.

*Tab.1.7 : Influence des matériaux utilisés pour l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique.*

*Source : Auteurs.*

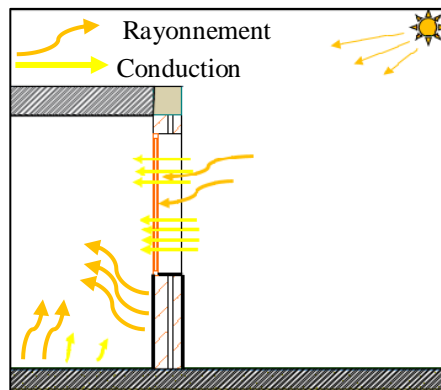
Matériaux	Emploi	Critiques et Influence sur le confort
<b>Brique de terre cuite creuse</b>	Murs extérieurs en double cloison (30cm) Mur intérieurs en simple cloison (10cm)	Imperfection dans les murs (trous ...) rendent l'enveloppe extérieure perméable à l'air (la lame d'air devient mobile) causant ainsi une mauvaise inertie thermique de l'enveloppe.
<b>Bois</b>	Menuiserie : Portes et cadres des ouvertures	Menuiserie et joints dégradés laissant place à des ponts thermiques.
<b>Verre</b>	Vitrage simple des fenêtres	Le verre en simple vitrage est un mauvais isolant thermique. ( $\lambda=1.2$ )
<b>Béton</b>	Toiture simple, ni isolée ni ventilée.	L'absence d'isolation au niveau de la toiture est responsable d'inconfort thermique (surchauffe en été et déperditions en hiver).

Ajoutant à ceci la perméabilité des parois à l'eau rendant les fenêtres peu étanches, la menuiserie (bois, cadres des fenêtres ...) participant d'autant à la dégradation du bâti ainsi et une surconsommation d'énergie.



*Fig. I. 76 : Fenêtre à simple vitrage non isolée.*

*Source : Auteurs.*



*Fig. I. 77 : Différents Modes de transfert de chaleur.*

*Source : Idem.*



*Fig. I. 78 : Moisissure des parois causée par humidité*

*Source : Idem.*

**Synthèse**

Cet inconfort thermique ressenti dans les espaces intérieurs de l'Ex-Habitat impose une réhabilitation thermique en intervenant probablement sur l'isolation de l'enveloppe, en tentant de réduire les ponts thermiques et en introduisant certaines techniques bioclimatiques pour ventiler et protéger du soleil en été et capter un peu mieux l'énergie solaire en hiver.

• **Diagnostic acoustique**

Des nuisances sonores sont localisées au niveau du « Bloc A » venant majoritairement du côté Sud : du parking et de la voie reliant l'avenue « Chabane » et le boulevard « Krim Belkacem », voie très fréquentée pour la circulation mécanique. Cet inconfort peut s'expliquer par la faible isolation acoustique du simple vitrage.

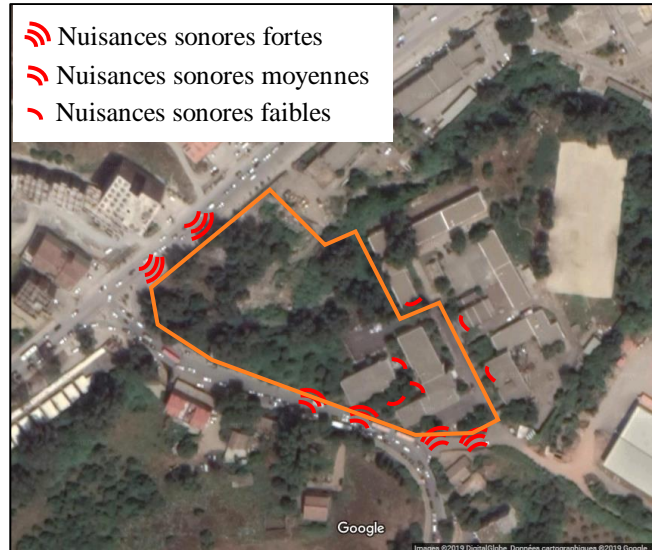


Fig. I. 79 : Carte du confort acoustique à L'Ex-Habitat.  
Source : Google Earth/ Auteurs.

**Interprétation des données de l'enquête**

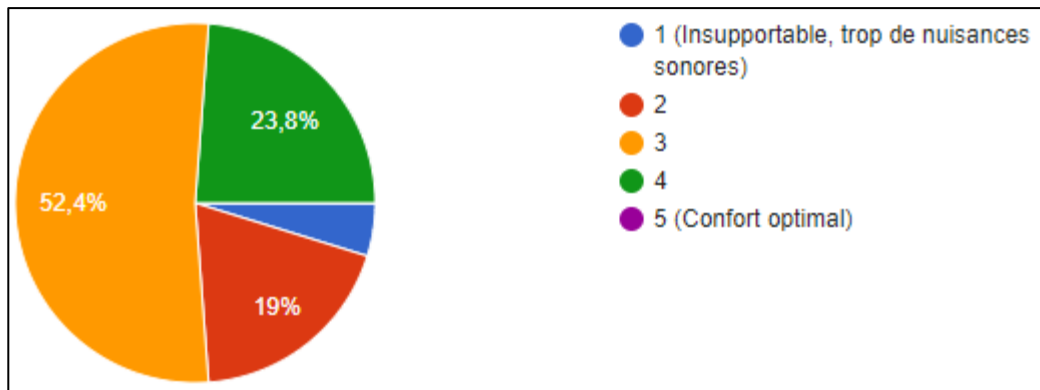


Fig. I. 80 : Evaluation du confort acoustique au sein des ateliers par les étudiants  
Source : Google Forms / Auteurs.

Les ateliers sont jugés plutôt inconfortables acoustiquement par une majorité d'étudiants, ces ateliers sont généralement orientés vers le Sud-Est, donnant sur la voie mécanique à forte fréquentation. Les ateliers jugés plutôt confortables acoustiquement sont ceux orientés vers le Sud-Ouest, donnant vers l'intérieur de l'Ex-Habitat (vers l'espace boisé), zone à faible nuisances sonores, ce confort est assuré par l'éloignement de ces ateliers des voies mécaniques et par la présence d'obstacles sonores (Bloc B, Arbres...).

**Synthèse**

Les nuisances sonores notamment relevées pour les ateliers orientés Sud-Est doivent être atténuées par des corrections acoustiques sur l'enveloppe (matériaux réfléchissant) et par des barrières acoustiques entre la source de nuisance et le récepteur. En cas de nouvelles implantations, il faudra favoriser des zones à faibles nuisances sonores pour les espaces qui l'exigent (Ateliers, salle de lecture, chambres).

• **Diagnostic visuel**

Une gêne visuelle est notée du côté Sud engendrée par les constructions en R+8, observée depuis les ateliers. Ainsi que l'éblouissement dans ces mêmes ateliers orientés Sud, rien n'est fait pour atténuer ce phénomène.

Les espaces ouverts vers l'extérieur bénéficient d'un éclairage naturel, mais les couloirs sont plus sombres

La végétation offre un cadre visuel agréable mais son non entretien à certains endroits la rend désagréable à l'œil.



Fig. I. 81 : Faible éclairage du hall orienté Nord-Est.  
Source : Auteurs



Fig. I. 82 : Végétation sauvage sur le site.  
Source : Auteurs.

**Interprétation des données de l'enquête**

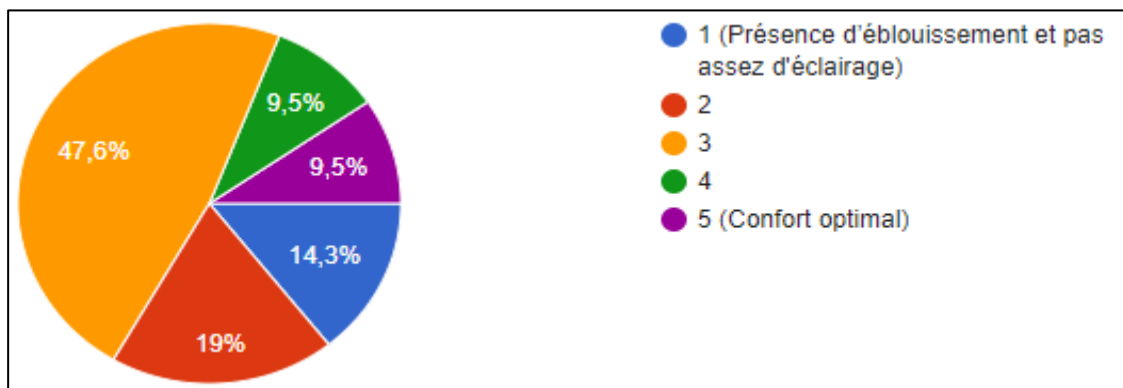


Fig. I. 83 : Evaluation du confort visuel au sein des ateliers par les étudiants.  
Source : Auteurs

Une grande majorité des étudiants ressentent une gêne visuelle au sein de leur atelier. C'est principalement le cas pour les ateliers orientés Sud-Est, la gêne est un peu moins détectée pour les ateliers Sud-Ouest car l'intensité des rayons solaires émis en fin d'après-midi vers ces ateliers ne coïncide pas avec l'heure d'occupation de ces derniers, tandis que les ateliers orientés Nord-Est disposent d'un certain confort visuel dû à une lumière naturelle uniforme durant toute la journée, sans éblouissement.

**Synthèse**

Un inconfort visuel est détecté au niveau des ateliers orientés Sud-Est et Sud-Ouest, il faudra prévoir des dispositifs d'occultations par la suite. En ce qui concerne le hall du « bloc A », une intervention sur l'éclairage semble indispensable, probablement par une ouverture zénithale.

➤ **Récapitulation de l'analyse de la structure existante**

Tab.I.8 : Récapitulatif de l'analyse de la structure existante.

Source : Auteurs.

<b>Corps d'état</b>	<b>Constat</b>	<b>Pourcentage de réfection</b>
<b>Gros œuvre</b>	La structure est en bon état, d'où la décision de la garder.	0%
<b>Enveloppe &amp; cloisons intérieures</b>	L'enveloppe assure son rôle de séparation avec l'extérieure mais sa forte conductivité thermique entraîne un inconfort des usagers.	50%
<b>Isolation thermique et acoustique</b>	L'absence totale d'une isolation thermique, ce qui cause déperditions thermiques en hiver et inversement des surchauffes en été, influant négativement sur le confort. Le simple vitrage ne permet pas une isolation acoustique optimale.	100%
<b>Façades</b>	L'état dégradé de la façade du aux agressions extérieures (climat...) et son style dépassé imposent une nécessité d'intervenir	80%
<b>Finitions</b>	La menuiserie intérieure notamment les portes et les fenêtres sont totalement dégradées voir détruites d'où une réfection presque totale s'avère nécessaire. Le revêtement des espaces intérieurs et l'étanchéité sont à revoir.	90%

➤ **Synthèse de l'analyse de la structure existante**

L'Ex-Habitat présente plusieurs défaillances surtout sur le plan fonctionnel. Il y'a des lacunes évidentes autour de la qualité et la quantité des espaces. Cela a un impact négatif non seulement sur le fonctionnement pédagogique de l'école mais aussi sur le confort des étudiants et des enseignants. Du point de vue architectural et esthétique, l'état lamentable des façades et l'absence d'entretien a détérioré l'image de l'école. Tout ceci nous a poussés à prendre des décisions radicales afin de mettre fin à ce déclin et de remettre en valeur l'établissement. Ainsi, la prise de décision est comme suit :

- Intervenir sur les deux blocs A et B suivant une opération de réhabilitation architecturale et thermique moyenne voir lourde.
- Intervention sur l'architecture intérieure des blocs, précisément sur leurs fonctionnements par recloisonnement des murs internes et réorganisation spatial.
- Le réaménagement des espaces extérieurs et des espaces d'accompagnement.
- Enrichissement qualitatif et quantitatif du programme actuel et l'élaboration d'une extension bioclimatique.

#### I.1.2.4. Etude bioclimatique du site d'intervention

##### a) Analyse de l'ensoleillement

###### Rappel

A partir de l'étude climatique établie (Chapitre 1), nous distinguons principalement deux périodes :

- Une période froide qui va de Novembre à fin Février
- Une période chaude qui va de Mars à Octobre

En période froide, le diagramme de Givoni préconise des recommandations qui se basent beaucoup plus sur les apports solaires passifs. Suivant cette logique, les rayons solaires sont fortement recherchés afin de chauffer passivement en Hiver. Ceci nous pousse à étudier l'impact du voisinage sur l'insolation de la parcelle. Des coupes sur les bâtiments avoisinants de grands gabarits nous permettront, ainsi, de savoir si ces derniers sont des obstacles qui empêchent l'insolation de notre parcelle en période froide.

Ainsi, 03 dates en « période froide » ont été retenues, (le 21 décembre, la journée où la hauteur du soleil est la plus basse et une symétrie mensuelle sur la date précédente, la 21 février et le 21 novembre).

Suivant cette logique, il se n'avère pas nécessaire d'entamer la même démarche en « période chaude », les rayonnements solaires sont plus verticaux engendrant des portées d'ombres très réduites. L'étude qui devra se faire ainsi, en cette période, ne concernera pas l'ombre mais la profondeur des occultations à concevoir par la suite, pour mieux se protéger du soleil et éviter les surchauffes.



Fig. I. 84 : Course du soleil du 21 Décembre à T.O.

Source : SunEarthTools.com

Fig. I. 85 : Course du soleil du 21 Novembre à T.O.

Source : SunEarthTools.com

Fig. I. 86 : Course du soleil du 21 Novembre à T.O.

Source : SunEarthTools.com

Nous exposerons ci-dessous des coupes schématiques dans lesquelles nous calculons la profondeur d'ombre engendré par les divers masques solaires présents autour et dans le site et ceci selon les journées arrêtées précédemment.

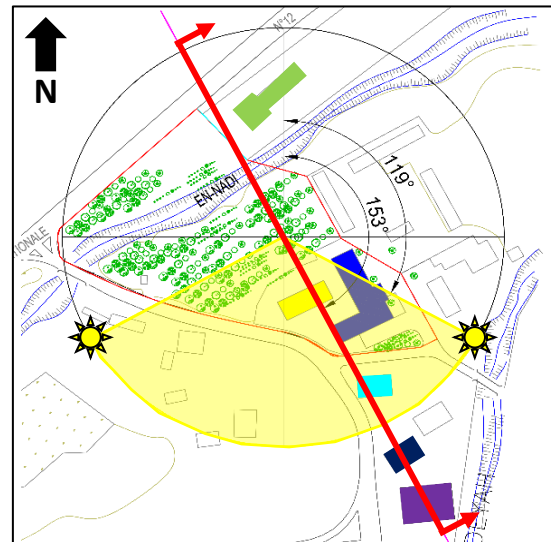


Fig. I. 87 : Insolation du site le 21/12.  
Source : Auteurs

Le 21 Décembre à 10 H 55.

L'Ombre portée par le bâtiment R+8 (H = 28m) vers notre parcelle :  $d = 28 / \tan(24,81^\circ) = 60,57 \text{ m.}$

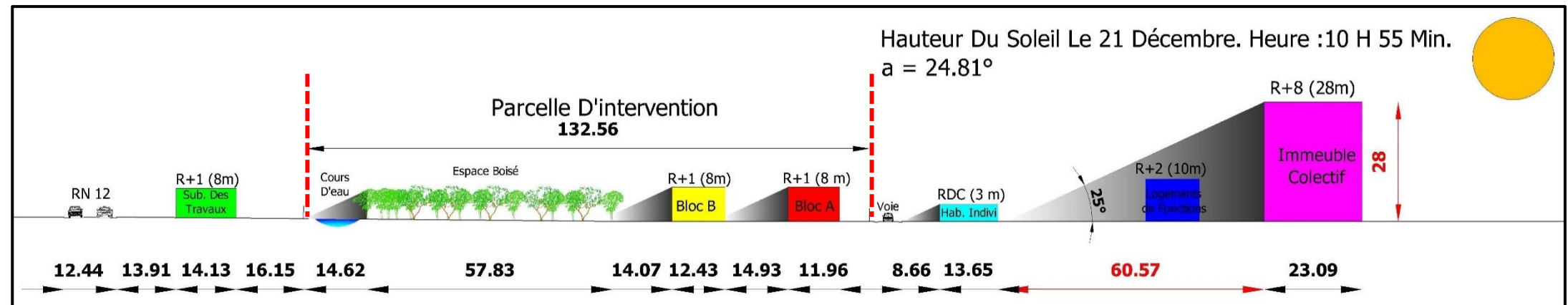


Fig. I. 88 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Décembre.  
Source : Auteurs.

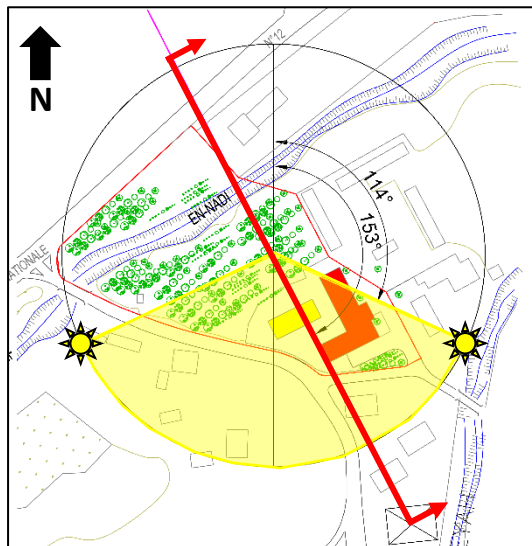


Fig. I. 89 : Insolation du site le 21/11  
Source : Auteurs

Le 21 Novembre à 10h50,  $\alpha = 28,72^\circ$  L'Ombre portée par le bâtiment R+8 (H = 28m) vers notre parcelle :  $d = 28 / \tan(28,72^\circ) = 51,12 \text{ m.}$

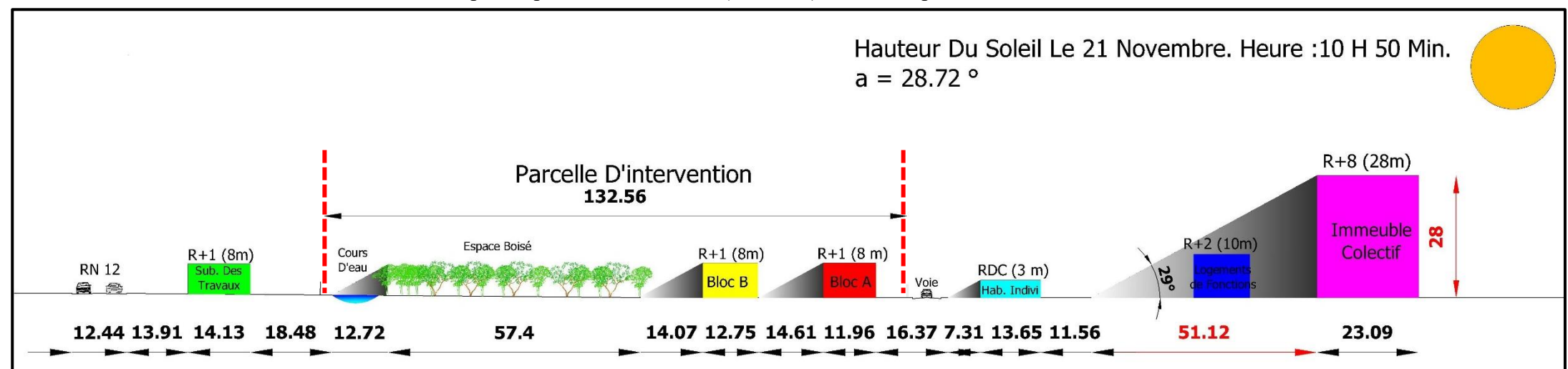


Fig. I. 90 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Novembre.  
Source : Auteurs.

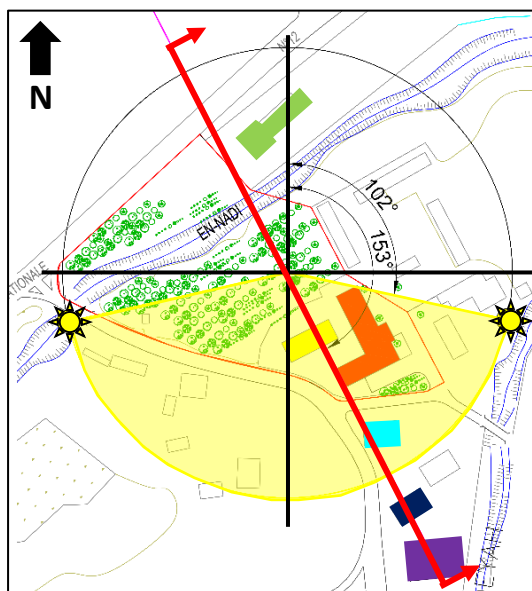


Fig. I. 91 : Insolation du site le 21/02.  
Source : Auteurs

Le 21 Février à 11h35,  $\alpha = 38,90^\circ$ . L'Ombre portée par le bâtiment R+8 (H = 28m) vers notre parcelle :  $d = 28 / \tan(38,90^\circ) = 34,7 \text{ m.}$

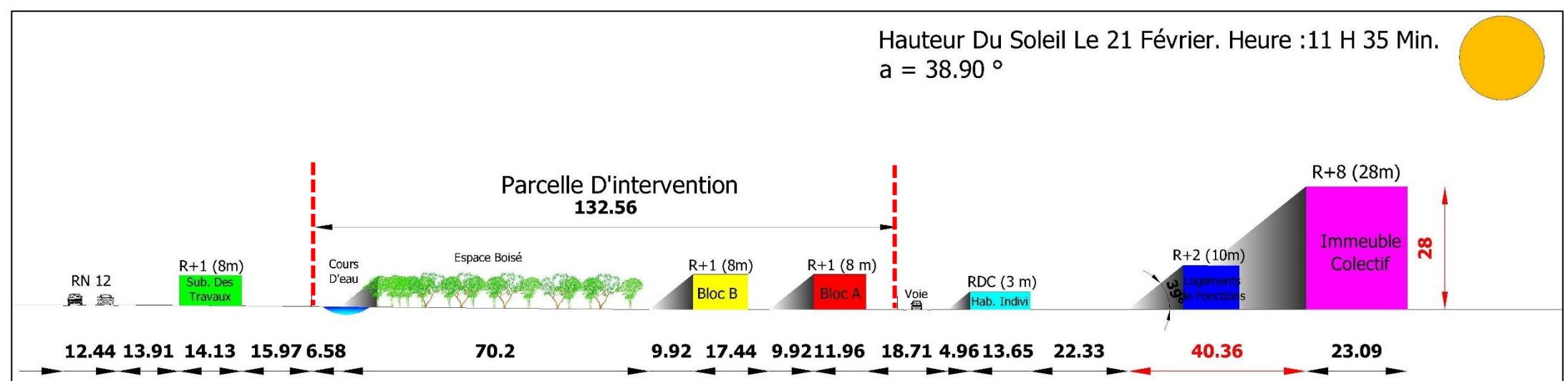


Fig. I. 92 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Février.  
Source : Auteurs.

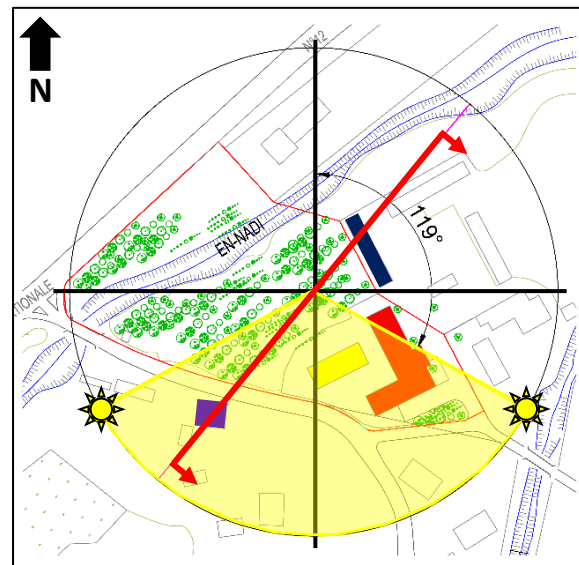


Fig. I. 93 : Insolation du site le 21/12.  
Source : Auteurs

**Le 21 Décembre à 15h30.**

$\alpha = 17.96^\circ$

L'Ombre portée par le bâtiment R+1 (H = 7m) vers notre parcelle :

$d = 7 / \tan (17.96^\circ) =$   
**21.6m.**

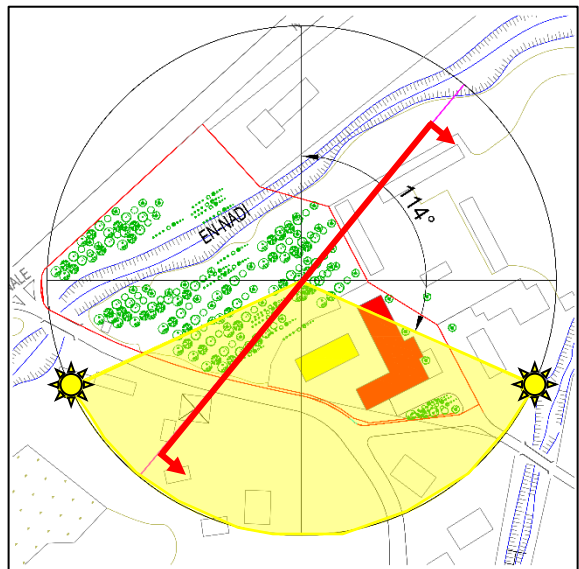


Fig. I. 95 : Insolation du site le 21/11  
Source : Auteurs.

**Le 21 Novembre à 15h10.**

$\alpha = 21,88^\circ$

L'Ombre portée par le bâtiment R+1 (H = 7m) vers notre parcelle :

$d = 7 / \tan (21,88^\circ) =$   
**17.43m.**

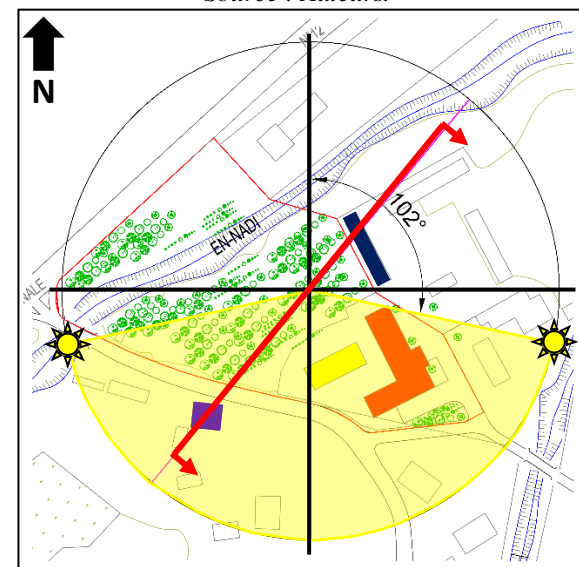


Fig. I. 97 : Insolation du site le 21/02.  
Source : Auteurs.

**Le 21 Février à 15h10.**

$\alpha = 33,41^\circ$ .

L'Ombre portée par le bâtiment R+1 (H = 7m) vers notre parcelle :

$d = 7 / \tan (33,41^\circ) =$   
**10.70m.**

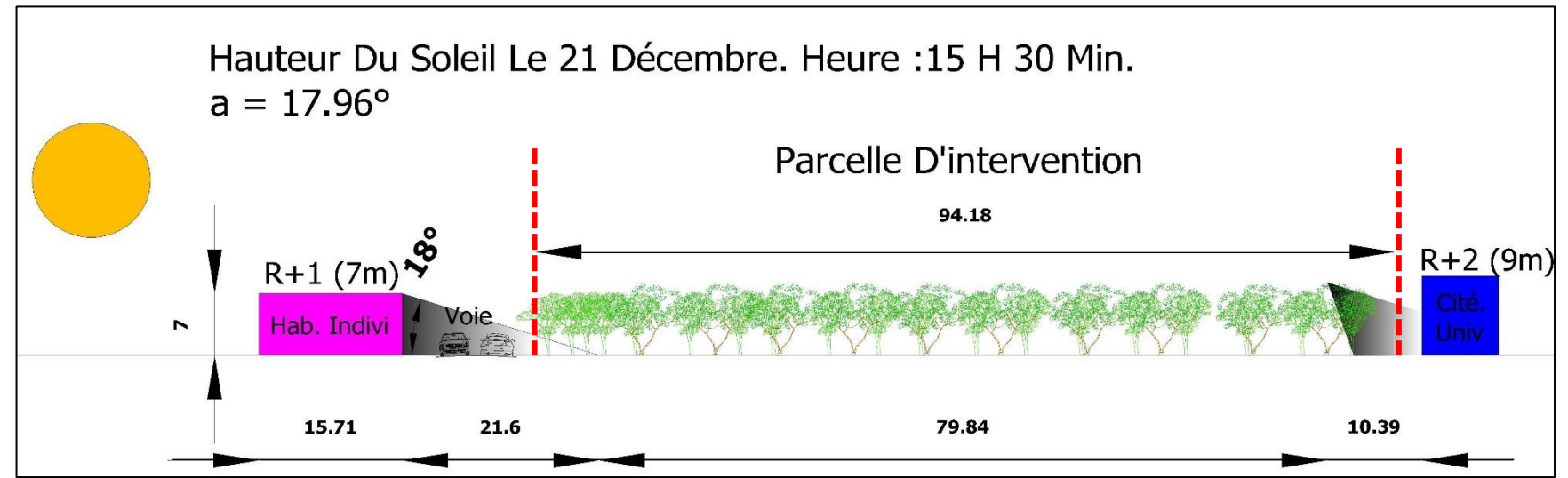


Fig. I. 94 : Profondeurs d'ombrages de taux d'insolation de la parcelle le 21 Décembre.  
Source : Auteurs.

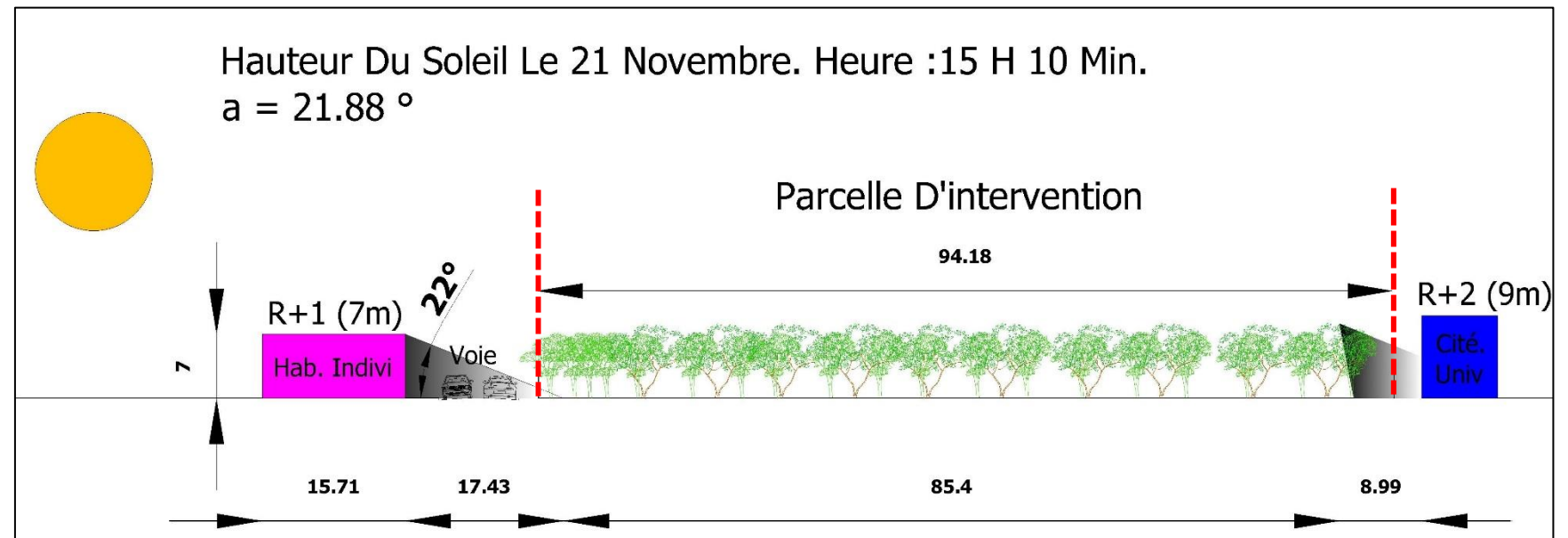


Fig. I. 96 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Novembre.  
Source : Auteurs.

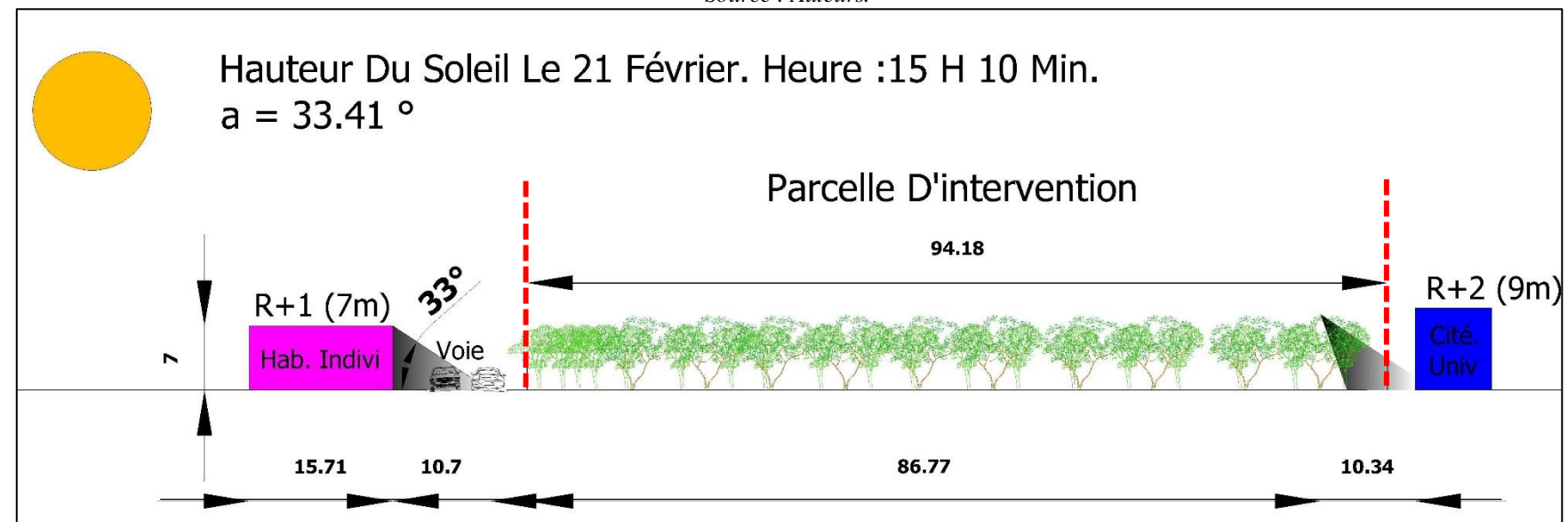


Fig. I. 98 : Profondeurs d'ombrages et de taux d'insolation de la parcelle le 21 Février.  
Source : Auteurs.

Les rayons solaires, étant fortement recherchés en période hivernale pour ensoleiller notre parcelle, nous impose à établir une carte récapitulative des zones d'insolation. Pour la faire nous devons passer, d'abord, par une carte récapitulative concernant les zones ombragées de notre parcelle d'intervention. Précisons que cette dernière se fera selon le jour du 21 décembre (le jour le plus défavorable pour l'insolation de la parcelle où la profondeur des ombres est la plus grande).

Une fois les zones ombragées sont délimitées en précisant leurs taux et l'heure d'ombrages, il ne reste qu'à faire le chemin inverse afin de déduire quelles sont les zones ensoleillées de la parcelle tout en détaillant le début et la fin de leurs heures d'insolation.

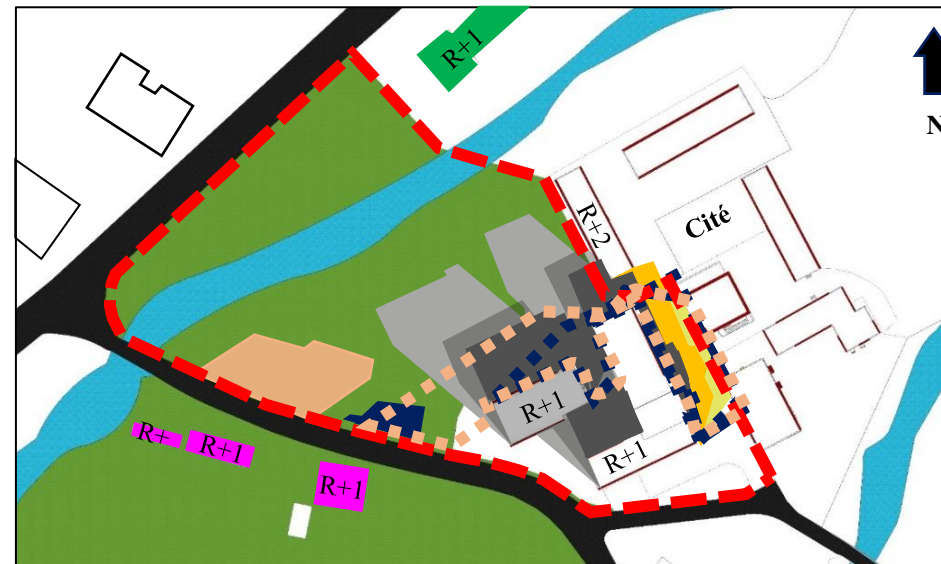


Fig. I. 99 : Carte récapitulatif du taux d'Ombrage durant le jour du 21 Décembre. Source : Auteurs.

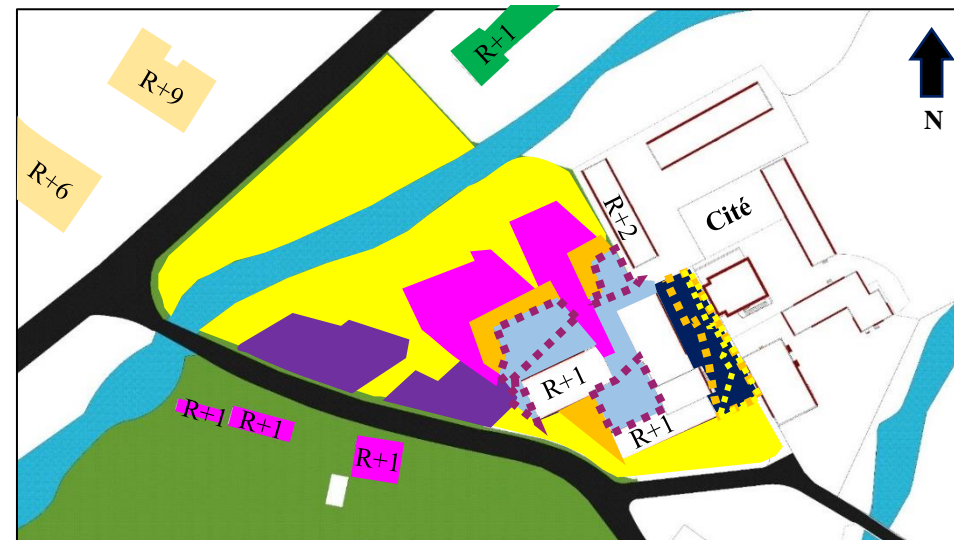


Fig. I. 100 : Diverses zones ensoleillées de la parcelle durant le jour du 21/12, en fonctions des heures. Source : Auteurs.

Tab.I9 : Taux d'ombrage sur le site le 21 Décembre en fonction des heures. Source : Auteurs.

Zone d'ombrage	Taux d'ombrage	Taux d'Ensoleillement
Ombagé de 09h00 - 10h.	20.97 %	79.03 %
Ombagé de 10h00 - 11h.	10.44 %	89.56 %
Ombagé de 11h00 - 17h .	10.08 %	89.92 %
Ombagé de 13h00 - 15h .	2.34 %	97.66 %
Ombagé de 15h00 - 17h.	1.34 %	98.66 %
Ombagé de 16h00 - 17h.	8.66 %	91.34 %
Ombagé de 17h00-couché.	18.81 %	81.19 %

Tab.I 10 : Recommandations issues de l'étude d'ensoleillement du site le 21 Décembre. Source : Auteurs

Zone	Recommandations
Ensoleillée durant toute la journée.	Utilisation de système passif dans cette zone.
Zone ensoleillée de 09h - 11h.	Utilisation du système passif associé à un système actif à partir de 11 h.
Zone ensoleillée de 09h – 17h.	Utilisation du système passif.
Zone ensoleillée de 10h – 17h.	Utilisation du système passif.
Zone ensoleillée de 11h – 17h.	Utilisation du système passif associé à l'actif au début de journée.
Zone ensoleillée de 13h -16h.	Utilisation du système passif associé à l'actif au début de journée
Zone ensoleillée de 16h-17.	Utilisation de système actif

Tab.I. 11 : Synthèse de l'étude d'ensoleillement. Source : Auteurs.

Zone	Recommandations
<b>Zones Ombragées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développement en hauteur afin de mieux capter les rayons solaires.</li> <li>Conception réfléchie des différentes entités du projet afin qu'aucune ne génère de l'ombre sur l'autre.</li> <li>Orientation étudiée des espaces selon le degré de nécessité de chauffage et d'éclairage naturel.</li> <li>Recours à d'autres procédés pour la procuration de la chaleur tel que l'utilisation de l'énergie géothermique.</li> <li>Utilisation des matériaux à faible inertie thermique et à forte isolation thermique.</li> </ul>
<b>Zones Ensoleillées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orientation Sud recommandée pour un meilleur captage solaire de manière passive.</li> <li>Utilisation des procédés passifs : Serres bioclimatiques, Murs accumulateurs, trombes ...</li> <li>Orientation des espaces nécessitant le chauffage dans cette zone : Ateliers ...</li> <li>Exploitation des zones ensoleillées pour la production de l'énergie.</li> </ul>

**b) Analyse des vents**

En période estivale les vents dominants viennent de l'Ouest et du Sud-Ouest, ce sont des vents chauds qui sont dotés d'une vitesse variée de 1,07 m/s à 1,27 m/s mais ces vents sont atténués par différents obstacles physiques. En même période, des vents frais viennent du Nord-Ouest. En période hivernale, les vents dominants viennent de l'Ouest et du Nord-Ouest à une vitesse qui varie entre 1,4 m/s à 2,3 m/s, ces vents sont amoindris par différentes barrières physiques (Arbres, bâtiments R+6 à R+9).

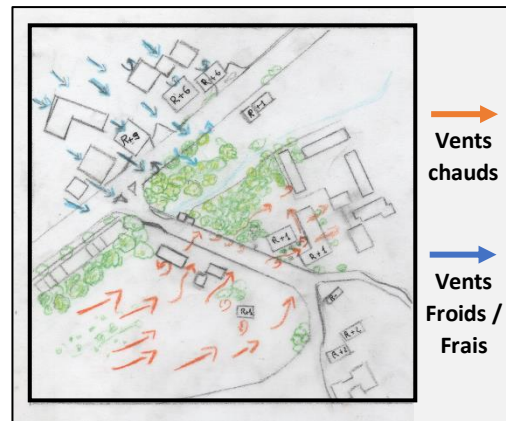


Fig. I. 101 : Schéma d'acheminement des vents autour du site.  
Source : Auteurs

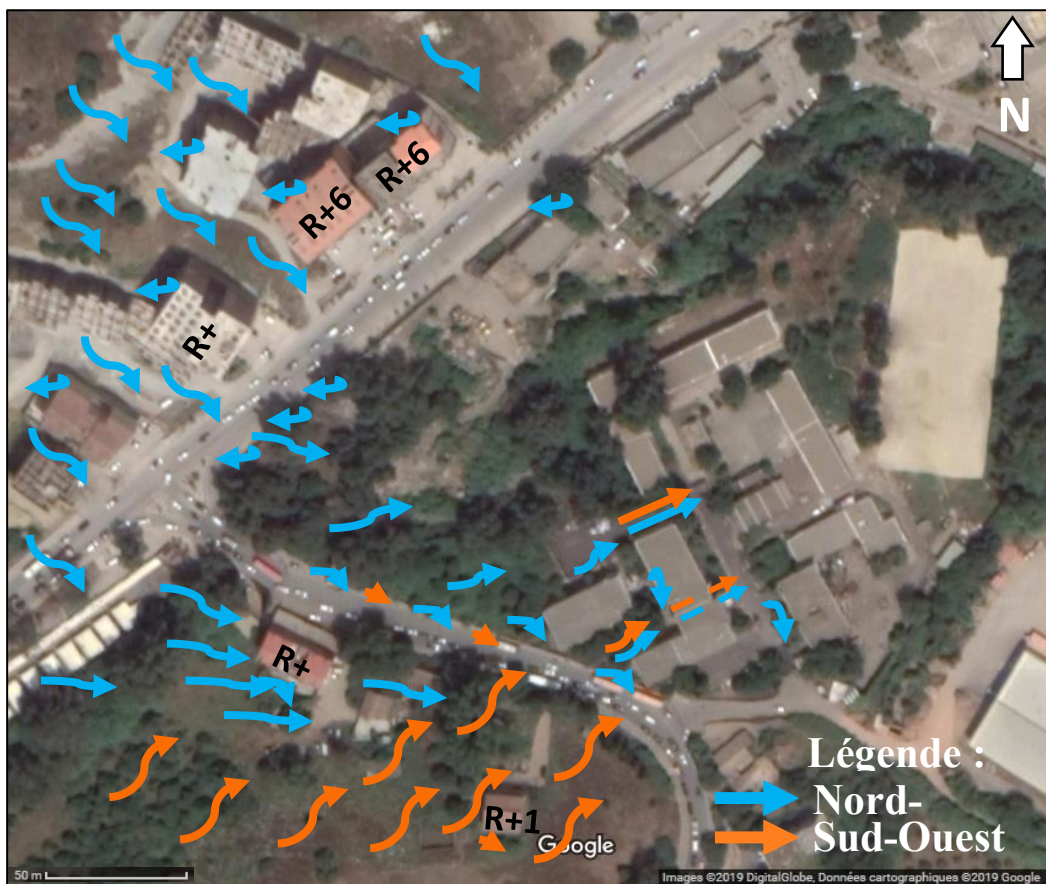


Fig. I. 102 : Acheminement des vents autour du site Ex-Habitat  
Source : Google Earth / Auteurs

**c) Analyse de l'humidité**

Le site se localise à proximité d'un cours d'eau (El Nadi), induisant une haute humidité au niveau de l'aire d'étude presque au cours de toute l'année. Cette humidité est accentuée par le bas niveau du site par rapport au reste de la ville et la forte présence de végétation : le tout créant un microclimat.

d) Carte récapitulative des données microclimatique

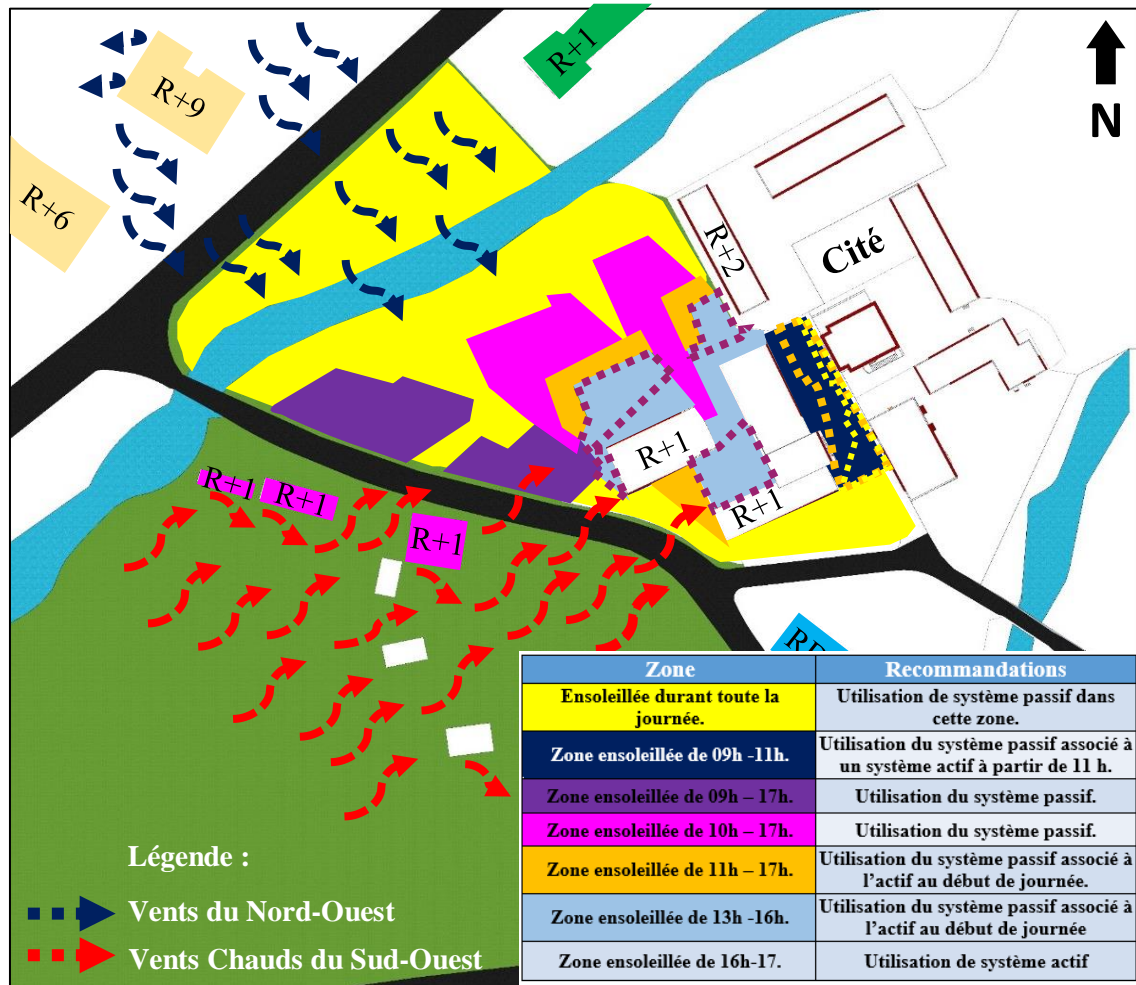


Fig. I. 103 : Synthèses des données microclimatiques.

Source : Auteurs.

Tab.I 12 : Recommandations issues de l'étude bioclimatique du site.

Eléments	Recommandations
<b>Ensoleillement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planter les blocs les plus utilisés en zone ensoleillée toute la journée (zone jaune), de 9h à 17h (zone violette) et de 10h à 17h (zone rose)</li> <li>- Les orienter suivant un axe Est-Ouest pour dégager le maximum de façade vers le Sud.</li> <li>- Laisser une distance entre les blocs d'au moins h/2 pour ne pas empêcher l'insolation des blocs situés plus au Nord.</li> <li>- Privilégier l'implantation de petits gabarits vers le Sud de la parcelle (R+1, R+2...) pour ne pas occulter les blocs situés plus au Nord</li> <li>- Planter et aménager des espaces extérieurs au niveau des zones ombragées (zones bleu clair-foncé)</li> </ul>
<b>Vent</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planter des blocs avec une certaine distance entre eux, avec une certaine hauteur et un certain angle à l'Ouest et au Nord-Ouest de la parcelle de sorte à acheminer le vent vers l'intérieur de la parcelle pour le traiter (chauffer en hiver) puis le distribuer.</li> <li>- Planter des arbres à feuillages caduc au Sud-Ouest de la parcelle pour atténuer les vents chauds en été.</li> </ul>
<b>Humidité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eviter d'aménager des plans d'eau supplémentaires, le site étant déjà assez humide.</li> </ul>

## I.2 Impacts environnementaux

### I.2.1 Définition

Une étude d'impact sur l'environnement (EIE), ou étude d'incidences sur l'environnement (EIE), est une étude préalable à la mise en œuvre de programmes ou de plans et à la réalisation d'équipements, qui permet d'estimer leurs effets, positifs ou négatifs, probables sur l'environnement<sup>18</sup> et vice versa. Cette étude permettra, par la suite de prendre diverses mesures afin d'essayer de supprimer ou de réduire les effets négatifs tout en favorisant les effets positifs.

### I.2.2 Objectifs d'études d'impacts

Les objectifs d'études d'impacts peuvent être classés en 02 catégories, objectifs immédiats (court termes) et les objectifs à long terme :

#### a) Les objectifs immédiats de l'ÉIE

- Intégration harmonieuse du projet avec son environnement ;
- Utilisation rationnelle et efficaces des ressources naturelles et énergétiques ;
- Identification des mesures nécessaires pour atténuer les impacts négatifs du projet ;

#### b) Les objectifs à long terme de l'ÉIE

- Protection de la santé humaine et assurance de sa sécurité ;
- Préservation de la qualité de vie environnementale pour les générations futures ;
- Sauvegarde des ressources, zones naturelles et des composantes de l'écosystème ;
- Renforcement des aspects sociaux des projets.

Afin d'atteindre ces objectifs, les divers impacts du projet sur l'environnement, et vice versa doivent être identifiés et classés, c'est le point suivant.

### I.2.3 Impacts environnementaux

Un impact est un effet, direct ou indirect, immédiat ou à long terme, d'une intervention planifiée (projet, programme, plan ou politique) causé par le projet sur un environnement. Ces effets ont lieu dans un intervalle de temps donné et sur une aire géographique définie. Pour une meilleure reconnaissance de ses impacts, la classification de ces derniers selon leur typologie s'avère nécessaire :

#### I.2.3.1 Typologie des impacts sur l'environnement

Ces derniers sont classés selon plusieurs critères :

- **La nature d'impact** : qui peut être négative ou positive ;
- **La nature du milieu dans sur lequel l'impact influe** : biophysique, socio-économique paysager ...
- **L'intensité de l'impact** : pouvant être négligeable, modérée ou importante ;

<sup>18</sup> Dictionnaire-environnement [en ligne], disponible sur : [www.dictionnaire-environnement.com](http://www.dictionnaire-environnement.com), consulté le 06/01/2019.

- **L'étendue de l'impact** : sur un rayon locale, régionale, transfrontière ou globale ;
- **La durée de l'impact** : allant de court terme à long terme ;
- **La probabilité de l'impact** : faible ou élevée ;
- **La réversibilité** : réversible ou irréversible.

Une fois les différents impacts connus, on fait appel à des mesures pour réduire d'avantage leur influence sur l'environnement en se basant sur plusieurs principes tel que : le principe d'« éviter-réduire-compenser », ce dernier est un principe de développement durable visant à ce que l'environnement n'engendre aucune perte-nette de biodiversité.<sup>19</sup> Afin de mieux comprendre ceci, nous aborderons le point suivant.

**I.2.4. Mesures d'atténuation et de compensation d'une EIE**

Ces mesures consistent à modifier certains aspects du projet afin d'atténuer ou de compenser les effets négatifs sur l'environnement. Les modifications peuvent porter sur trois aspects du projet : sa conception, son calendrier de mise en œuvre et de déroulement et son site d'implantation. Nous résumant ces mesures comme suit :

*Tab.I 13: Les différents types de mesures d'une étude d'impact sur l'environnement.*

Source : Auteurs.

<b>Mesures d'atténuation</b>	<b>Mesures de suppression</b> Impliquent une révision du projet initial notamment en reconsidérant les zones d'aménagement (route, bâtiment...) et d'exploitation. Ces mesures permettront de supprimer les impacts négatifs sur le milieu naturel et les espèces exposés.
	<b>Mesures de réduction</b> Dès lors qu'un impact négatif ne peut être supprimé totalement lors de la conception du projet les mesures de réductions rentrent en jeu. Elles permettent de limiter les impacts négatifs relatifs au projet. Ces mesures peuvent s'appliquer aux phases de travaux, de fonctionnement et d'entretien des divers aménagements.
<b>Mesures de compensation</b>	<b>Mesures de compensation</b> Envisageables dès lors qu'aucune possibilité de supprimer ou de réduire les impacts d'un projet puissent être effectués. Elles se définies comme tous travaux, actions et mesures ayant pour objet d'apporter une contrepartie aux conséquences dommageables qui n'ont pu être évitées ou suffisamment réduites.

C'est qu'une fois que les impacts et leurs différentes sources sont connues que nous pouvons établir un plan de gestion environnementale englobant toutes les données citées au paravent. Pour mieux cibler les différents impacts et leurs mesures spécifiques à entreprendre, les impacts du projet sur l'environnement ont été séparés des impacts causés par l'environnement sur le projet, ce qui nous a permis de ressortir avec deux plans de gestions environnementales :

<sup>19</sup>Wikizero [en ligne], disponible sur : [https://www.wikizero.com/fr/D%C3%A9veloppement\\_durable](https://www.wikizero.com/fr/D%C3%A9veloppement_durable), consulté le 06/01/2019.

## 1.2.5. Plans de gestion Environnemental

**Plan de gestion Environnemental du Projet Sur l'Environnement**

Phase	Impacts & Conséquences				Identification des Sources d'impacts et Etablissement des Mesures à Entreprendre			
	Nature d'impact	Nature du milieu	Composants du milieu	Impacts	Sources	Intensité	Durée	Mesures à Entreprendre : Eviter, Atténuer, Compenser.
Réhabilitation et Construction	Négatif	Milieu Biophysique	Air	Pollution de l'air. Rejets Atmosphériques	Dégagements des poussières lors des phases de Préparation du chantier : Réhabilitation et Extension du projet.	Modérée	Court Terme	Diminuer la formation et les envols des nuages des poussières par Humidification du terrain, l'Arrosage des Accès, sols, chemins de circulations des travailleurs et les parcours d'engins dans le chantier.
					Dégagements des poussières causées par l'utilisation des engins en chantier.	Modérée	Court Terme	
			Eau	Pollution de L'eau	Déchets sanitaires des travailleurs en chantier.	Modérée	Court Terme	Création des bases de vie provisoires.
			Sol	Pollution du Sol	Production des Déchets solides ménagers des travailleurs en chantier.	Importante	Court Terme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limites de l'emprise du chantier et élaboration d'un suivi environnemental de ce dernier.</li> <li>- Collecte des déchets et leurs trie dans des bacs spécifiques selon leurs natures (Plastique, verre ...) pour une évacuation plus optimisée.</li> <li>- Excavation des terres souillées en cas de pollution accidentelle du sol.</li> </ul>
		Déchets dangereux (Huile de vidange...)			Modérée	Court Terme	Affectation spécifique des lieux, destinés pour les Déchets dangereux	
		Milieu Naturel (écosystème)	Biodiversité de Flore & Faune	Pollution de La Flore et de La Faune.	Déboisement des arbres et décapage de la couche verte lors des travaux du chantier (implantation, terrassement ...)	Importante	Court Terme	Préservation et Réimplantation des arbres dans les espaces extérieurs d'accompagnement du projet : (place, jardins ...). Revégétalisation du sol après décapage de la couche verte.
	Hydrologie : Cours d'eau		Pollution du Cours d'eau	Déchets solide ménager et sanitaires des travailleurs en chantier.	Modérée	Court Terme	Création des bases de vie provisoires.	
	Milieu Socio-Economique	Milieu Humain (Environnement immédiat).	Pollution Sonore	Emissions sonores générées par le trafic du poids lourd et des engins du chantier.	Modérée	Court Terme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recours aux Engins moins bruyants.</li> <li>- Concevoir un plan d'organisation de chantier minimisant les déplacements des engins.</li> <li>- Faciliter les déplacements des engins par la mise en place des signalisations.</li> <li>- Déroulement des travaux durant la journée.</li> </ul>	
							<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recours aux Engins moins bruyants.</li> <li>- Concevoir un plan d'organisation de chantier minimisant les déplacements des engins.</li> <li>- Faciliter les déplacements des engins par la mise en place des signalisations.</li> <li>- Déroulement des travaux durant la journée.</li> </ul>	
	Positif	Milieu Socio-Economique	Activités Economique	Créations d'emplois	Nécessité de ressources humaines : Postes de mains d'ouvres ; maçons ...	Importante	Court Terme	Encourager et favoriser la création d'emplois
Exploitation	Négatif	Milieu Biophysique	Air	Pollution de l'air et Rejets Atmosphériques	Chaudière	Haute	Long Terme	Filtration des rejets atmosphériques et limitation des rejets par exploitation des énergies renouvelables.
					Véhicules et Transport	Moyenne	Long Terme	Favoriser la circulation douce (piétonne, cyclable ...)
			Eau	Pollution de L'eau	Déchets ménagers et sanitaires des étudiants et des travailleurs	Importante	Long Terme	Assurer un réseau d'assainissement performant.
					Sol	Pollution du Sol	Déchets ...	Importante
		Rejets de consommations journalières	Importante	Long Terme			Concevoir le mobilier adéquat (poubelles, local de déchets ...). dans le projet ainsi que dans l'aménagement extérieur afin de préserver la propreté et réduire la pollution.	
		Milieu Naturel	Flore & Faune	Pollution de La Flore et de La Faune	Idem.	Modérée	Long Terme	Préservation et Réimplantation des arbres dans les espaces extérieurs d'accompagnement du projet, (place, jardins ...).
		Milieu Socio-Economique	Milieu Humain (Environnement immédiat).	Pollution Sonore	Emissions sonores générées par l'usage quotidien de l'école (véhicules/Transport, étudiants ...)	Modérée	Long Terme	Optimiser l'isolation phonique en utilisant les matériaux à isolation acoustique
								Enjeux énergétiques

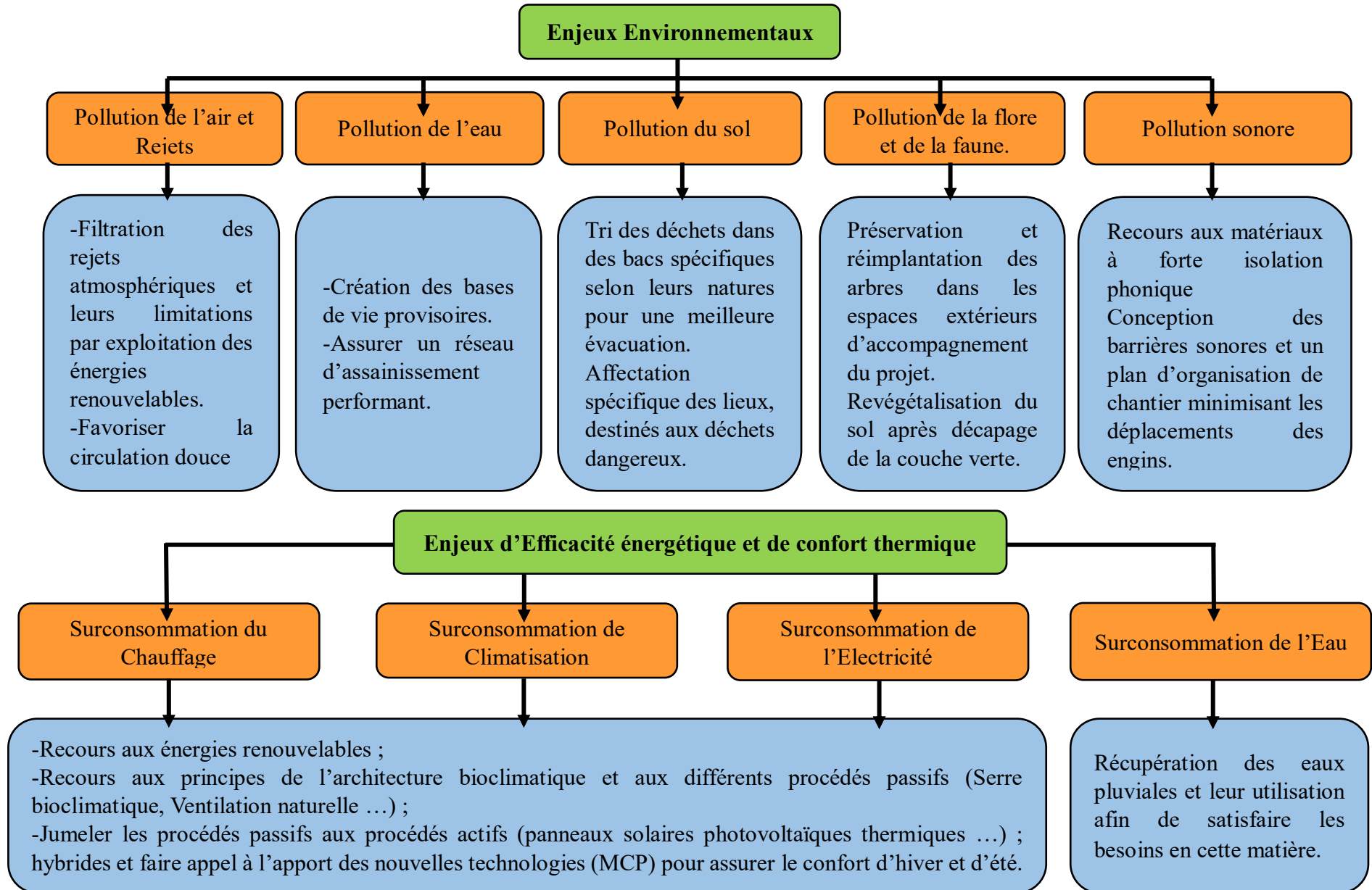
<b>Exploitation</b>	<b>Négatif</b>	<b>Milieu Socio-Economique</b>	Enjeux énergétiques	Surconsommation de Climatisation	L'Utilisation abusifs des climatiseurs afin de satisfaire le confort estival.	<b>Modérée</b>	<b>Long Terme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recours aux principes de l'architecture bioclimatique (Bonne orientations) et aux différents procédés passifs (Serres bioclimatiques, Ventilation naturelle ...).</li> <li>- Jumeler les procédés passifs aux procédés actives (panneaux solaires photovoltaïques thermiques ...), hybrides ainsi faire appel à l'apport des nouvelles technologies (MCP) pour assurer les confort d'hiver et d'été.</li> <li>- Récupération des eaux pluviales et leur utilisation afin de satisfaire les besoin en cette matière.</li> </ul>
				Surconsommation d'Electricité	L'Utilisation abusifs d'électricité pour satisfaire les besoins énergétique en électricité.	<b>Modérée</b>	<b>Long Terme</b>	
				Surconsommation de l'Eau	Utilisation irrationnelle de l'eau pour satisfaire les besoins quotidiens (consommations, cuisine, douches ...).	<b>Modérée</b>	<b>Long Terme</b>	
	<b>Positif</b>	<b>Milieu Socio-Economique</b>	Impact Humain	Créations d'emplois	Nécessité de ressources humaines : (gardiens de sécurité, enseignants, agents d'entretiens ...).	<b>Importante</b>	<b>Long Terme</b>	Encourager et favoriser la création d'emplois.
<b>Milieu Paysager</b>				Effet Paysager et image	Amélioration de l'image du site – interface, accès est de Tizi-Ouzou	Réhabilitation architecturale de l'école, Extension Bioclimatique du projet, Projection de la résidence étudiante.	<b>Importante</b>	<b>Long Terme</b>

### Plan de gestion Environnemental : Impacts de l'Environnement sur Projet

Impacts & Conséquences				Identification des Sources d'impacts et Etablissement des Mesures à Entreprendre			
Nature d'impact	Nature du milieu	Composants du milieu	Impacts	Sources	Intensité : Négligeable, modérée, importante	Durée	Mesures à Entreprendre : Eviter, Atténuer, Compenser.
Négatives	Milieu Biophysique	Air	Pollution de l'air et Rejets Atmosphériques	Briqueterie	<b>Importante</b>	<b>Long Terme</b>	Filtration des rejets atmosphériques et limitation des rejets.
		Eau	Pollution de L'eau	Rejets du réseau d'assainissement sur le cours d'eau.	<b>Importante</b>	<b>Long Terme</b>	Déviation des rejets du réseau d'assainissement du cours d'eau et son raccordement à un réseau d'assainissement public.
		Sol	Pollution du Sol				
	Milieu Naturel	Flore & Faune	Grandes dépenses pour le déboisement, le décapage ainsi que pour le reboisement	Végétation Dense sur le terrain.	<b>Modérée</b>	<b>Court Terme</b>	Déboisement rationnel.
	Milieu Socio-Economique	Milieu Humain (Environnement immédiat).	Pollution Sonore	- Briqueterie. - Marché de proximité - Grand trafic routier du à la fréquentation importante des voies aux alentours du site.	<b>Importante</b>	<b>Long Terme</b>	Isolation phonique et conception des barrières sonores
Activités Economique		Inconfort lié aux déplacements permanents des usagers pour satisfaire leurs besoins	Manque de services et d'activités économique à proximité.	<b>Importante</b>	/	Concevoir un projet mixte incluant les besoins primaires des usagers du projet (alimentation, fourniture scolaires ...).	
Positive	Milieu Biophysique	Air	Purification de l'air	Végétation Dense sur le terrain.	<b>Importante</b>	<b>Long Terme</b>	Conserver en partie la végétation présente sur le site.
		Eau	Utilisation d'eau de pluie pour satisfaire les besoins quotidiens et irrigation des espaces verts.	Eaux Pluviales	<b>Modérée</b>	<b>Long Terme</b>	Mettre au point des dispositifs de récupération et de gestion des eaux pluviales
	Milieu Paysager	Cadre Bâti	Insolation optimal du site et absence de masques solaires.	Faible Densités et Gabarits des constructions avoisinâtes du côté sud.	/	/	/
		Paysage naturel	Un confort visuel	Prescience de végétation dans le terrain	<b>Importante</b>	/	Conserver en partie la végétation présente sur le site

#### Synthèse

Une étude d'impact environnementale était primordiale et indispensable, en effet, elle nous a permis d'établir un ensemble de mesures, jugés comme support de base, afin de mieux choisir les procédés bioclimatiques par la suite, affectant notre projet, dans le but de préserver l'environnement et réduire d'avantage les surconsommations énergétiques du projet. Ainsi, un schéma synthétique résumant les différentes mesures d'atténuation susceptibles d'être transformées en solutions bioclimatiques a été établi dans ce qui suit :



## Conclusion

Les conclusions tirées de l'étude d'impact sur l'environnement sont multiples. Tout d'abord la connaissance du site global, la ville de Tizi-Ouzou, à travers l'étude climatique : le diagramme solaire et le diagramme de Givoni, nous ont permis de faire ressortir diverses recommandations architecturales liées au climat de la ville (ensoleillement, humidité, températures, vents...etc.) pour une intégration optimale au site et en s'adaptant aux deux périodes déduites de cette analyse à savoir la période chaude (de Mars à Septembre) et la période froide (de Septembre à Mars).

Ensuite, la connaissance du site réduit à travers l'analyse de l'environnement immédiat et de la structure existante met en évidence la nécessité de réhabiliter architecturalement et thermiquement les deux blocs pédagogiques « A » et « B ». D'une part, il s'agit de palier à l'état dégradé de ces deux bâtiments, améliorer leur image et leur fonctionnement et d'autre part, les rendre plus confortables thermiquement. Une extension s'avère tout autant indispensable pour combler les besoins fonctionnels, qualitatifs et quantitatifs d'une vraie école d'art et d'architecture.

De plus, l'étude microclimatique du site d'intervention a mis en perspective plusieurs indications qui nous permettront d'exploiter de la meilleure des manières des ressources énergétiques renouvelables : le gisement solaire, le régime des vents...etc. Cela sera pris en considération dès le début de la conception, notamment pour l'implantation et l'affectation des espaces selon les zones d'ensoleillement (ombragées ou ensoleillées) ainsi que pour l'orientation et la forme des bâtiments.

Enfin, le plan de gestion environnemental, aboutissement de l'étude d'impact, a déterminé les différentes mesures de suppression, de réduction ou de compensation à entreprendre pour limiter les impacts négatifs sur l'environnement pendant la construction et l'exploitation du projet.

À présent, tous les éléments théoriques sont réunis pour commencer sûrement la conception de l'ENSAA-TO au niveau du chapitre suivant.

# Chapitre II.

## Thématiques du projet

*« Si en architecture l'analyse constitue la Lecture et la projection, le thème en serait le langage d'expression codifié mais suffisamment claire pour établir la communication »*

Oswald Mathias Ungers.

## Introduction

Avant toute conception ou intervention architecturale, l'acquisition d'un bagage théorique des thèmes du projet est indispensable. Afin de débiter l'imagination et la conception du projet en ayant les connaissances nécessaires pour leurs réussite, cette analyse des thématiques consistera à recueillir les bases d'informations essentielles des thématiques d'interventions et de fonctionnement, précédant la création architecturale du projet. En premier lieu, elle traitera des notions techniques de réhabilitation et d'extension bioclimatique. Par la suite, nous y définirons le thème général (l'enseignement supérieur), nous étudierons aussi son évolution, ses différentes typologies avant de déterminer les exigences de la thématique vocationnelle précise du projet (école d'art et d'architecture et des espaces d'accompagnement) et de ses exigences spatiales qualitatives et quantitatives. Cette étape sera suivie par l'étude d'exemples référentiels, desquels nous tirerons bon nombre de données formelles et organisationnelles liées à la vocation fonctionnelle. Cela nous aidera sans doute lors de la conception du projet. Enfin, dans la partie bioclimatique et de la démarche environnementale, nous exposerons les divers notions, stratégies, et procédés bioclimatiques qui nous permettront par la suite, d'exploiter les énergies renouvelables pour assurer le confort thermique avec une meilleure efficacité énergétique au sein du projet.

En dernier lieu, on établira un programme prévisionnel qui signera la fin de ce chapitre et le point de départ de la conception architecturale de notre future ENSAA-T.O.

## II.1. Etat de l'art des notions de réhabilitation et d'extensions

### II.1.1. Réhabilitation architecturale : Recréer dans l'existant

La réhabilitation est une opération qui consiste, d'une part, à améliorer l'état constructif du bâti, et d'autre part, à assurer le confort thermique, acoustique ainsi que les meilleures conditions d'hygiène pour les occupants<sup>20</sup>. D'une manière générale, cette opération doit prendre en charge « l'intégrité de la structure, de son caractère et de sa forme tout en étant compatible avec des standards de vie acceptables »<sup>21</sup>. Comme toute autre opération, la réhabilitation fait appel à des intervenants spécialisés et compétents dans le domaine (techniciens, artisans, architectes, ingénieurs...etc.)



Fig. II. 1: Salle d'eau d'un HLM réhabilité, Bruxelles, Belgique. Avant/Après.  
Source : <https://immobilier.lefigaro.fr> – Velux France

<sup>20</sup> Jean Coignet, « Réhabilitation, Arts de bâtir traditionnels, Connaissance et techniques. » Éd. Sud, 1989. P. 23

<sup>21</sup> Conseil International des Monuments et des Sites (ICOMOS), « Charte du patrimoine bâti vernaculaire », 1990.

### II.1.1.1. Les degrés d'une réhabilitation architecturale

La réhabilitation ayant pour but global de rétablir le bon état d'un édifice, tout en gardant sa fonction et en prolongeant sa durée de vie, Bertrand Eveno et Nora Simon distinguent pour cette opération, quatre degrés<sup>22</sup> :

- **La réhabilitation légère** : travaux superficiels vu le bon état général du bâti ; ils toucheront d'avantage l'équipement et la partie décorative que le bâti lui-même ;
- **La réhabilitation moyenne** : Plus approfondie que la précédente mais reste encore très superficielle. Complète les travaux par des réfections d'électricité et de peintures (ravalements de façades, sans reprise de toiture) ;
- **La réhabilitation lourde** : Redistribution des pièces, travaux de réfections des toitures mais aussi du gros œuvre sans toutefois porter atteinte à son équilibre structurel ;
- **La réhabilitation exceptionnelle** : Destinée aux édifices dont la dégradation structurelle est très avancée. Le choix du type de réhabilitation se fera en fonction de l'état de conservation du bâti, établi lors d'une étape de diagnostic.

### II.1.1.2. La démarche d'une réhabilitation architecturale

Elle se fait en quatre phases :<sup>23</sup>

- **Première phase** : se base sur la connaissance du bâti : le pré-diagnostic et l'analyse pluridisciplinaires (historique, sociale, constructive et architecturale).
- **Deuxième phase** : se basera sur les résultats des études pluridisciplinaires faites auparavant.
- **Troisième phase** : Les travaux de réhabilitation pourront commencer : tout en respectant les valeurs historiques et architecturales du bâtiment et en adaptant les nouvelles exigences des occupants pour intégrer le confort nécessaire.
- **Quatrième phase** : L'entretien, garantit au bâti, un meilleur état afin d'éviter au futur d'autres interventions lourdes et coûteuses.

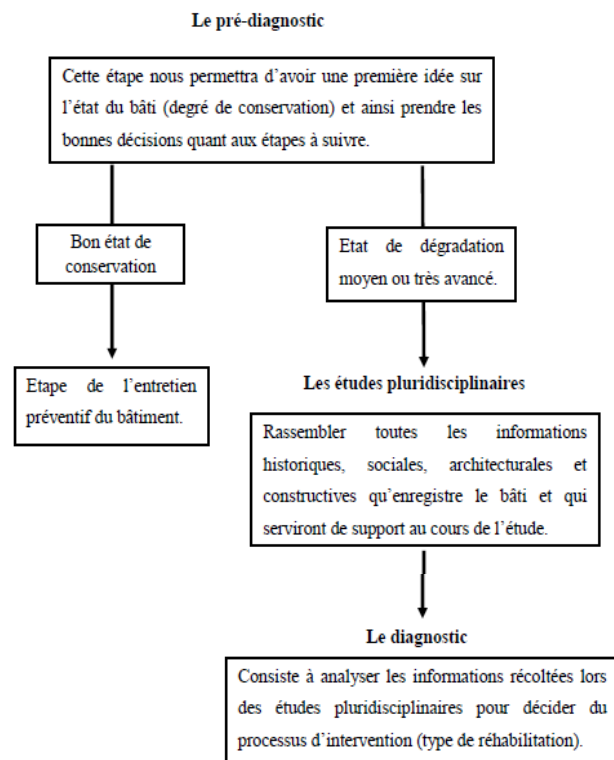


Fig. II. 2: Démarche d'une réhabilitation architecturale.  
Source : ALILI Sonia, « Guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architectural villageois de Kabylie »

<sup>22</sup> Simon .N et Bertrand.E., « Rapport sur l'amélioration de l'habitat ancien », Paris, 1975, P 102

<sup>23</sup> Casanovas.X ; Fiori.E ; Nourissier.G & al., « Méthode RehabiMed. II. Réhabilitation des Bâtiments. Pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. » RehabiMed, 2007. P. 19-20.

### II.1.1.3. Les techniques d'une réhabilitation architecturale

La Réhabilitation architecturale peut être assurée par diverses techniques qui toucheront les différents éléments de la construction, tel que : des renforcements des fondations, des actions d'interventions sur les poteaux, murs et cloisons et sur les planchers .... D'après l'analyse de la structure existante établie précédemment, nous nous intéressons principalement aux interventions concernant l'entretien des toitures et le ravalement des façades, l'étanchéité et le traitement de l'humidité et enfin la redistribution des espaces intérieurs.

#### a) Entretien des toitures<sup>24</sup>

➤ Entretien des éléments couvrants : Repiquage des éléments endommagés, vérification des couvre-joints ;

➤ Entretien des accessoires de couvertures : Vérification des crochets des tuiles et contrôle des ouvrages d'aération quant à leur étanchéité à l'eau et à leur dégagement pour le passage de l'air ;

➤ Collecte des eaux pluviales : Re-soudure de jonction d'éléments, nettoyage des crapaudines, rattrapage de contre-pente accidentelle... ;

➤ Dans le cas d'une toiture-terrasse, réfection des relevés d'étanchéité voir de toutes les couches : étanchéité, pare-vapeur, isolant... si nécessaire.



Fig. II. 3: Réfection de l'étanchéité d'une toiture terrasse.

Source : harmonie.fr

#### b) Ravalement de façades

La façade d'un bâtiment e peut remplir sept fonctions distinctes : L'étanchéité à l'eau, à l'air, l'isolation thermique, acoustique, la sécurité, l'esthétique et une participation éventuelle à la stabilité (façade portante...).<sup>25</sup> Cet élément étant exposé à l'extérieur, des dégradations dues à l'usure du temps et aux conditions extérieures (Intempéries, chocs thermiques...) peuvent apparaître. A partir d'un certain seuil, un ravalement de façade s'impose.

##### ➤ Pathologies des façades

On appelle pathologie de façade<sup>26</sup> un état qui provoque la nécessité d'un ravalement. On retrouve dans les pathologies sans dégradation du support :

- Changement de couleur ; Pollution urbaine et Décollement de peinture.

Avec dégradations du support :

- Fissures de l'enduit ou du crépi ; Dégradation des joints et Efflorescence.

<sup>24</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH), « Réhabiliter et entretenir un immeuble ancien point par point », Ed. Le Moniteur 1993, p. 51

<sup>25</sup> GRANIER Cécile, PLATZER Michel, MONTHARRY Daniel., « La technique du bâtiment – tous corps d'état », Éd. Le Moniteur, 2017, p. 309.

<sup>26</sup> PHILIPPARIÉ Philippe., « La pathologie des façades : Diagnostic, réparations et prévention », Ed. Eyrolles, 2011, 174 p.



Fig. II. 4 : Dégradation des joints.  
Source : Weber.



Fig. II. 5: Fissure de l'enduit.  
Source : Espace-façades.



Fig. II. 6: Décollement de peinture.  
Source : ENTS Moreau



Fig. II. 7: Pollution urbaine.  
Source : Bâti Diffusion



Fig. II. 8 : Efflorescence.  
Source: The Camberley Society



Fig. II. 9: Changement de couleur.  
Source : Ooreka Maison

### Nettoyage des façades

Il existe plusieurs procédés de nettoyage de façades ; dépendants du matériau de construction à nettoyer. On y distingue : 1- Ruissellement d'eau ; 2 – Projection d'eau froide sous pression ; 3- Projection d'eau chaude sous pression ; 4- Projection d'eau surchauffé sous pression ; 5 – Sablage à sec ; 6- Sablage hydropneumatique ; 7 – Procédé Thomann-Hanry ; 8 – application de produits chimiques ; 9 - Procédés mécaniques.<sup>27</sup> (Voir annexe).

#### ➤ Le ravalement de façade

Le ravalement de façade est plus qu'un simple nettoyage. Cette opération de réhabilitation moyenne sert aussi à la traiter et la réparer pour conserver un équilibre durable du bâtiment ainsi qu'une bonne isolation thermique.<sup>28</sup>

#### ➤ Quelques techniques de ravalement de façade

- **Simple réfection de peinture et d'enduit** : Dans le but de protéger le support et d'améliorer l'aspect esthétique de la façade ;

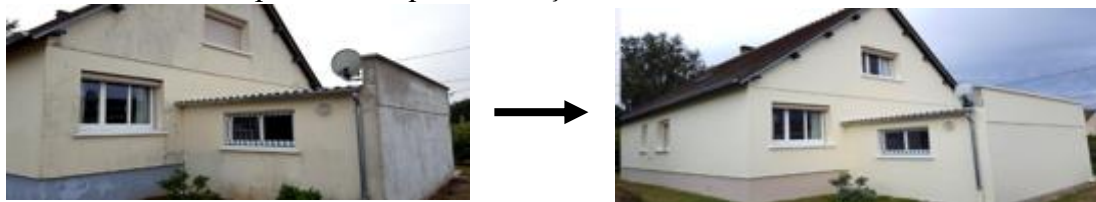


Fig. II. 10: Ravalement de façade d'une maison individuelle Avant - Après.  
Source: <http://houard-peintre-evreux.fr>

- **Mise en place d'une peau rapportée (murs-manteaux)** : ventilée ou étanche, le but de cette intervention est de corriger l'étanchéité et d'améliorer l'isolation thermique et acoustique.<sup>29</sup>

<sup>27</sup> ANAH, Op.cit., P 40-43.

<sup>28</sup> Le Moniteur [En Ligne], Disponible sur : <<https://www.lemoniteur.fr/article/comment-ca-marche-l-isolation-des-murs-par-l-exterieur.1151029>> (Consulté le 21/01/2018)

<sup>29</sup> ENGEL Pierre., « Guide de la réhabilitation : Des enveloppes et des planchers » Ed. Eyrolles, 2014, p. 21.

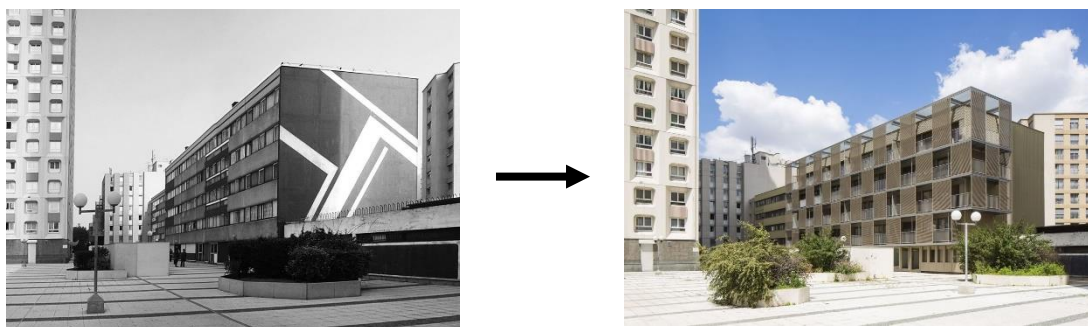


Fig. II. 11 : Réhabilitation des logements sociaux du Square Vitruve, avec peau rapportée.  
Source : Atelier du pont.

- **Mise en place de panneaux composites (sandwichs) :** C'est des produits d'enveloppe monolithiques très rigides, auto-isolés. Etanches (air/eau) grâce à des joints, ces panneaux jouent les rôles d'isolation thermique et d'accroissement de la résistance structurelle.<sup>30</sup>

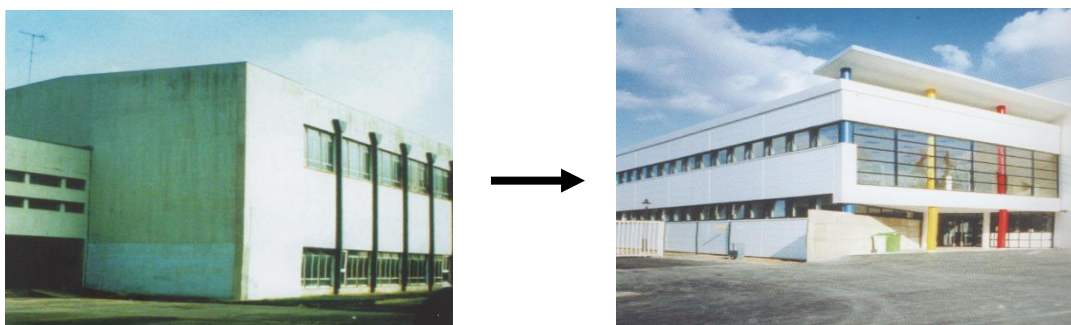


Fig. II. 12 : Pose d'une peau isolante en panneaux sandwichs sur un mur en béton du Lycée Paul Valéry.  
Source : Pierre ENGEL.

### c) Etanchéité et traitement de l'humidité<sup>31</sup>

Tab.II.1 : Origines et remèdes d'humidité.

Source : ANAH, Réhabiliter et entretenir un immeuble ancien point par point, Le MONITEUR, P 21.

Origines d'humidité	Humidité (ascensionnelle) en provenance du sol	Infiltration des eaux de pluie dans les murs	Humidité de Condensation (cuisine, SDB ...)	Humidité d'origine Accidentelle
Remèdes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tranchés ou drainage.</li> <li>• Coupure étanche à la base des murs.</li> <li>• Introduction dans la maçonnerie de produits imperméabilisants pour les planchers sur terre-plein.</li> <li>• Création d'un nouveau plancher isolant.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement des fissures et regarnissage des joints.</li> <li>• Choix du revêtement de façade et des toitures.</li> <li>• Protection contre les intempéries par (enduits, bardages, parements...).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution de la production de la vapeur d'eau.</li> <li>• Amélioration de l'aération.</li> <li>• Chauffer les espaces.</li> <li>• Amélioration de l'isolation thermique en points froids (vitrages ...).</li> </ul>	<p>Causé par des :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gouttières percés,</li> <li>canalisations percées ...</li> </ul> <p>Faire les travaux nécessaires de réparations.</p>

<sup>30</sup> ENGEL. P., Op.cit. p. 37.

<sup>31</sup> ANAH., Op.cit., p. 114.

#### **d) Redistribution des espaces intérieurs**

Opération de réhabilitation lourde consistant en la destruction d'une ou plusieurs cloison(s) intérieure(s) et la reconstruction de ces séparations autrement pour agrandir ou réaffecter certains espaces afin d'améliorer le fonctionnement et le confort des usagers. On distingue concernant la distribution interne deux types de cloisons :<sup>32</sup>

##### **➤ Cloisons de distribution**

Séparant les pièces d'un local occupé par un même usager, ces dernières ne sont pas dotées d'isolants. (Voir Annexe).

##### **➤ Cloisons de séparation**

Séparant les espaces entre eux ou les espaces fonctionnels des circulations communes. Contrairement aux premières, ces types sont dotés d'isolation. (Voir annexe).

#### **II.1.2. Réhabilitation thermique**

La réhabilitation thermique du bâtiment correspond à l'amélioration thermique de l'édifice notamment son enveloppe, car elle constitue un échangeur thermique entre l'intérieur et l'extérieur.<sup>33</sup> Elle consiste en de légères modifications, comme l'ajout de l'isolation par l'extérieur, le changement des fenêtres..., ou lourdes telles que l'isolation par l'intérieur, le réaménagement du plan du logement, ainsi que l'ajout d'une partie neuve comme une serre.<sup>34</sup>

##### **II.1.2.1 La réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâti**

###### **a) Les parois opaques verticales**

C'est en renforçant l'isolation thermique, soit de l'intérieur ou de l'extérieur, selon les composants de la paroi et le style architectural de l'édifice pour ne pas défigurer la façade.

###### **b) Les planchers**

Il s'agit d'isoler les planchers bas, donnant sur l'extérieur ou sur les locaux non chauffés, ainsi que les planchers terrasses.

###### **c) Les fenêtres**

Elles sont les plus vulnérables aux déperditions calorifiques. Leurs améliorations thermiques permettent des économies d'énergie de 10 à 15 %.<sup>35</sup>, et cela par le remplacement des vitrages simples en vitrages isolants, et le redimensionnement des surfaces vitrées selon l'orientation et la zone climatique. En réhabilitation on distingue 06 grandes techniques d'intervention sur l'isolation des fenêtres :

---

<sup>32</sup> ANAH., Op.cit., P 75.

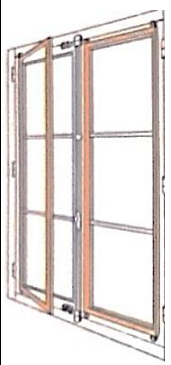
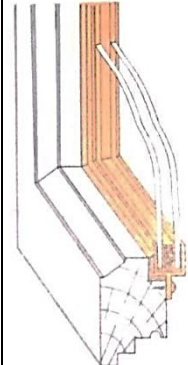
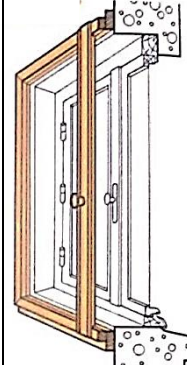
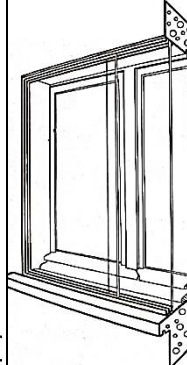
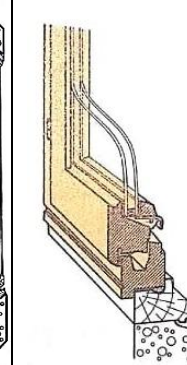
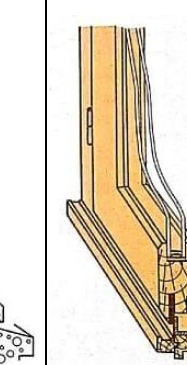
<sup>33</sup> G. ALEXANDROFF & J.M. ALEXANDROFF, « Architectures et climats : Soleil et Energies Naturelles dans l'Habitat », Ed. Berger-Levrault, 1982.

<sup>34</sup> N. KADRIET & A. MOKHTARI, « Contribution à l'étude de réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâtiment », Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°2 (2011) 301 – 311

<sup>35</sup> P. CHAUVIGNY, « L'isolation Thermique de la Maison », Ed. Eyrolles, France, P 96, 1980.

Tab.II 2 : Technique de réhabilitation thermique des fenêtres.

Source : ANAH, *Réhabiliter et entretenir un immeuble ancien point par point*, Le MONITEUR, P 84-85.

Installation d'un survitrage.	Installation d'un vitrage isolant.	Doublement de la fenêtre par intérieur.	Doublement de la fenêtre par extérieur.	Remplacement de la fenêtre par une menuiserie isolante.	Remplacement complet de la fenêtre.
					

### II.1.2.2. L'isolation thermique au service du confort thermique

L'enjeu principal de l'isolation thermique est d'éviter l'inconfort causé par le climat extérieur pour les usagers d'espaces intérieurs (Sensations de surchauffe ou de froid). Une isolation thermique permet d'éviter les déperditions thermiques et participe à l'efficacité énergétique du bâti.

Différentes dispositions d'isolations existent :

#### a) L'isolation par l'intérieur

Conseillée dans le cas d'édifices patrimoniaux ou si la façade présente une certaine qualité architecturale ne favorisant pas le ravalement. Par contre, elle permet de réduire les ponts thermiques que partiellement et ne tire pas profit de l'inertie des murs et peut consommer de la surface habitable.

#### b) L'isolation répartie

Matériau possédant de bonnes qualités d'isolation thermique tel que les briques mono mur en terre cuite ou les blocs de béton cellulaire. Cette méthode est difficilement applicable pour les réhabilitations thermiques et concerne plutôt les bâtiments neufs.<sup>36</sup>

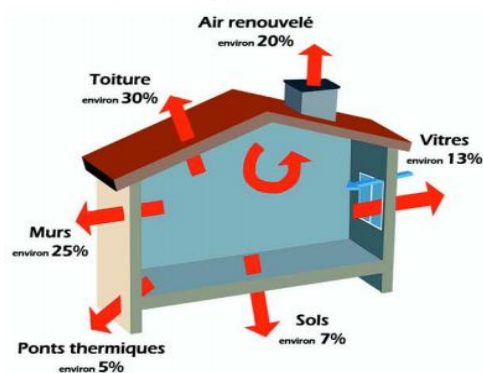


Fig. II. 13: Déperditions thermiques.

Source : coeur-herault.fr

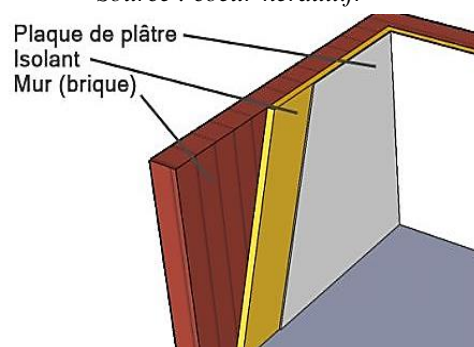


Fig. II. 14: Isolation par l'intérieur.

Source : ForumCostruire.fr

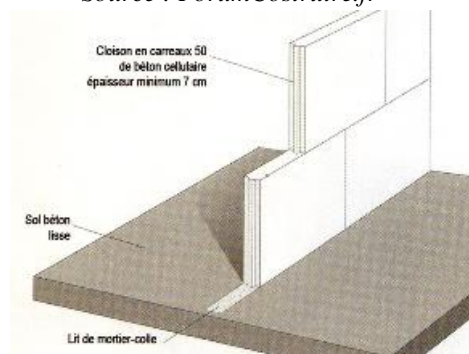


Fig. II. 15: Isolation répartie (béton cellulaire).

Source : Batirama.com

<sup>36</sup> L'énergie tout compris [En Ligne], disponible sur : <<https://www.lenergieToutCompris.fr/actualites-et-informations/isolation/tout-savoir-sur-l-isolation-repartie-47899>>, Consulté le 05.01.2019.

### c) L'isolation par l'extérieur

L'isolant placé sur la paroi extérieure sous forme d'enduit, de bardage ou de vêtture, Il permet de réduire considérablement les ponts thermiques et de tirer parti de l'inertie thermique des murs sans consommer de surface habitable. L'inconvénient est l'exposition de l'isolant aux agents extérieurs, et la nécessité d'une main d'œuvre spécialisée couteuse, de plus de modifier l'aspect extérieur des bâtiments<sup>37</sup>.

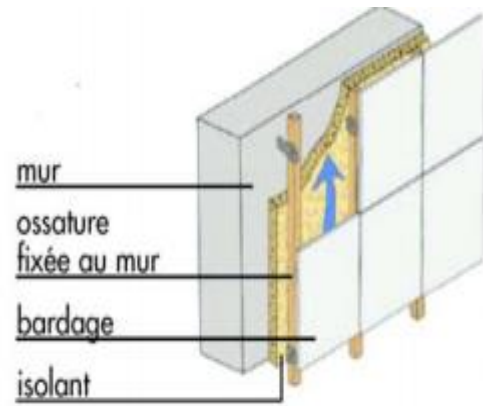


Fig. II. 16 : Isolation de l'extérieur.  
Source : info-energie-paysdelaloire.fr

## II.1.3. L'éco-réhabilitation ou la réhabilitation durable

### II.1.3.1. Définitions et notions

En plus de bien réhabiliter le bâti, L'éco-réhabilitation cible la préservation de l'environnement en intégrant une démarche du développement durable et en visant le renforcement des performances énergétiques du bâti.<sup>38</sup> Elle est alors transversale et multisectorielle. L'éco-réhabilitation, va bien au-delà des questions techniques, elle implique cependant une conciliation entre une connaissance du contexte, le savoir-faire local et des techniques plus innovantes afin de définir une stratégie pluridisciplinaire en termes d'économie, social et environnemental.<sup>39</sup>

Le bâti ancien doit être réhabilité, en améliorant sa salubrité, tout en réduisant son impact environnemental et sa consommation d'énergie. Il est également important de valoriser les compétences locales (artisans) dans toutes les phases.

L'Eco-réhabilitation doit être envisagée comme un processus de développement local, intégré et cumulatif, garantissant les actions suivantes :<sup>40</sup>

- Protection et valorisation des bâtis anciens et de leurs mémoires ;
- Garantir le confort des occupants (thermique, acoustique ...etc.) ;
- Intégration des politiques de développement économique et social ;
- Participation d'acteurs à différents niveaux (régional, municipal, communautaire) ;
- Collaboration public - privé (partenariats) ;
- Mise en œuvre d'actions pour la création interactive : connaissances et apprentissages ;
- Appropriation des bénéfices par la communauté (propagation).

<sup>37</sup> Association pour une Gestion Durable de l'Énergie (AGEDEN) [En Ligne], disponible sur : <<http://www.info-energie-paysdelaloire.fr/docs/Renovation/Rehabilitation-thermique.pdf>>, Consulté le 05.01.2019

<sup>38</sup> Ecole d'Avignon, Cours : Réhabilitation durable et diagnostic technique.1.pdf. p. 1.

<sup>39</sup> ECO-ARQ, « Guide méthodologique pour l'éco-réhabilitation du patrimoine bâti dans le Sud-ouest européen », p. 3.

<sup>40</sup> Ibid., p. 3 p. 4.

### II.1.3.2. Enjeux et objectifs

Ayant pour objectif l'amélioration des performances énergétiques et environnementales des bâtiments, l'éco-réhabilitation repose sur plusieurs points :

<p><b>a) Construction verte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat.</li> <li>• Choix des produits / procédés de construction.</li> <li>• Chantier à faibles nuisances.</li> </ul>	<p><b>b) Gestion harmonieuse<sup>41</sup></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestion de l'énergie.</li> <li>• Gestion de l'eau.</li> <li>• Gestion des déchets.</li> <li>• Gestion de l'entretien / maintenance.</li> </ul>
<p><b>c) Confort sain</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Confort thermique.</li> <li>• Confort acoustique.</li> <li>• Confort Visuel.</li> <li>• Confort olfactif.</li> </ul>	<p><b>d) Hygiène et Santé</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration de la santé publique.</li> <li>• Renouvellement de l'air.</li> <li>• Evacuation des déchets.</li> <li>• Eau potable.</li> </ul>

### II.1.4. L'extension architecturale

L'Extension est l'action de reculer les limites de quelque chose, d'agrandir, d'accroître l'étendue de quelque chose.<sup>42</sup>

L'extension architecturale est une intervention qui consiste à ajouter une ou des constructions ou des parties de constructions neuves à un bâti déjà existant, par surélévation ou juxtaposition, accolée ou dissociée.

#### II.1.4.1. Les types d'extensions architecturales

##### a) Extension en continuité historique

Le projet s'inspire du volume, des proportions et des détails de l'existant en évitant néanmoins les pastiches tels que les faux toits, colonnades ou les moulures collées.

##### b) Extension contemporaine

Les matériaux de construction employés et les volumes de l'extension contrastent avec ceux de l'existant. Le choix d'un tel principe constructif et de tels matériaux différents de la partie existante permettront de distinguer clairement l'ajout contemporain.

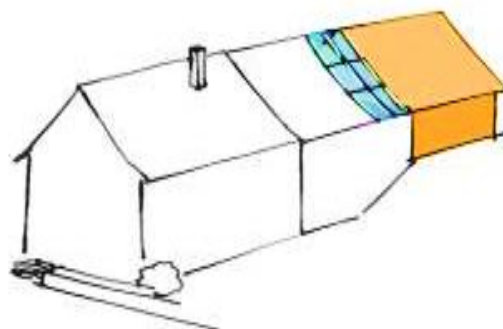


Fig. II. 17 : Extension en continuité historique  
Source : VersoExtension (PDF)

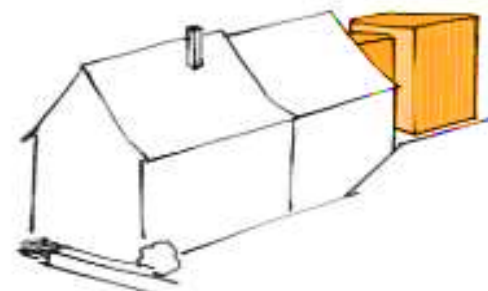


Fig. II. 18: Extension contemporaine.  
Source : Verso Extension (PDF)

<sup>41</sup> MAURO-CHASSAGNE, « Développement durable et réhabilitation », travail de fin de formation HQE, ENSAL, janvier 2007, p.6.

<sup>42</sup> Dictionnaire Larousse. [En Ligne]

### c) Extension accolée ou dissociée

Une extension amène à s'interroger sur de nouveaux rapports avec l'environnement proche du projet. En dissociant l'extension de la maison, on crée un nouveau rapport entre intérieur et extérieur.



Fig. II. 19: Extension accolée.  
Source : Verso Extension (PDF)

### II.1.5. Extension bioclimatique

La création d'une extension est également l'occasion d'avoir une réflexion globale concernant la maîtrise de l'énergie et l'amélioration thermique de l'ensemble des bâtiments. Faire le choix d'une extension plutôt que de construire ailleurs est déjà une économie

Cette nouvelle construction, quelle que soit sa taille, peut être conçue selon une démarche bioclimatique : prise en compte de l'apport solaire et de l'environnement naturel. Les choix se feront selon l'orientation possible du bâtiment et la prise en compte des masques solaires. Les performances énergétiques du bâtiment peuvent être améliorées en fonction des matériaux mis en œuvre pour l'isolation.

#### ➤ Quelques exemples de réhabilitation et extensions bioclimatique

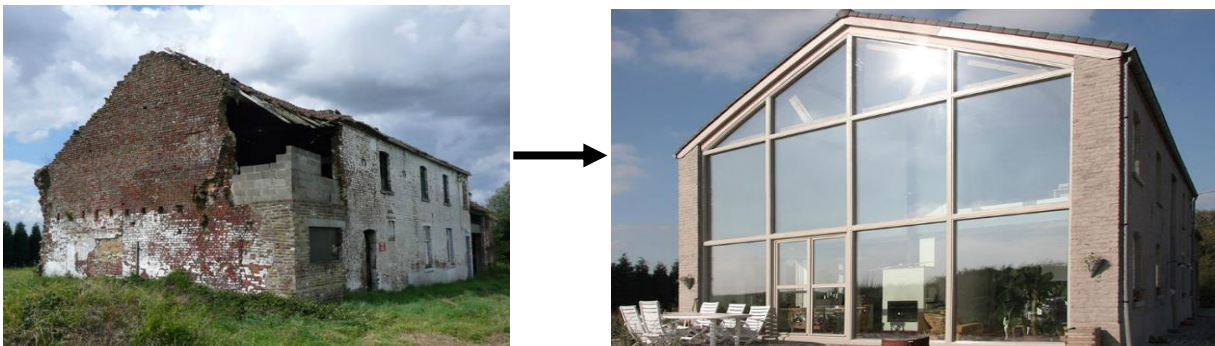


Fig. II. 20: Réhabilitation bioclimatique d'une maison individuelle à Pont Celles, Belgique.  
Source : <http://www.calimucho.be/>

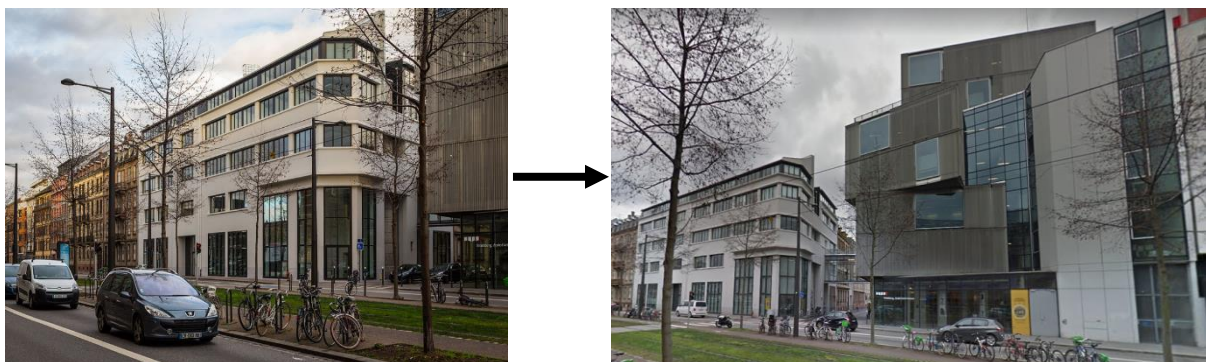


Fig. II. 21: Réhabilitation et extension bioclimatique de l'ENSA de Strasbourg, 2013.  
Source : <http://www.mimram.com>

## II.2. Vocation fonctionnelle du projet

### II.2.1. Enseignement supérieur et recherche scientifique

#### II.2.1.1. Notions et historique

Les études supérieures désignent généralement l'instruction dispensée par les universités, les collèges anglo-saxons, avec dans certains pays un système groupé de grandes écoles, d'institut et d'autres institutions comme les grands établissements décernant des grades universitaires ou autres diplômes de l'enseignement supérieur après l'obtention de baccalauréat.

La notion de « recherche scientifique » vient souvent se juxtaposer à l'enseignement supérieur, qui a pour but de produire et de développer les connaissances scientifiques conjointement aux études, notamment au niveau du doctorat.



Fig. II. 22 : « Maison de vie », prémices des universités, Egypte ancienne.



Fig. II. 24 : Université de Constantinople, première "université", en 425.



Fig. II. 26 : Université de Lausanne, liée à la religion (Ancienne Académie), 1587.



Fig. II. 28 : Université Paris-Sorbonne, 1971.

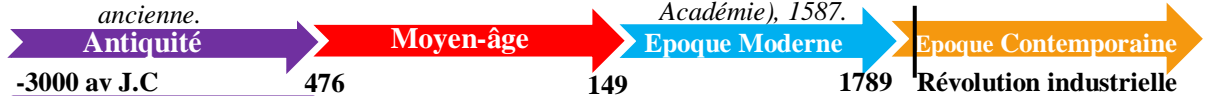


Fig. II. 23 : Académie de Platon, Enseignement de la Philosophie, Athènes, Grèce antique 367 av. J-C.



Fig. II. 25 : XIe siècle : Université de Salerne et de Bologne, premières universités médiévales.



Fig. II. 27 : Royal Society, Angleterre, 1660, études supérieures pour les élites.



Fig. II. 29 : Université internationale de Casablanca, 2014.

Les prémices des études supérieures remontent à l'antiquité, en Grèce antique, la philosophie était enseignée à l'Académie de Platon, en Egypte antique, différents domaines (médecine, architecture...) étaient enseignés dans des « Maison de Vie ». Les études étaient intimement liées à la religion, notamment durant le Moyen-âge avec la création d'universités médiévales on y enseignait au tout début la théologie avant qu'elles ne se diversifient à d'autres domaines. Pendant toutes ces périodes les études n'étaient réservées qu'aux élites et majoritairement ouvertes qu'aux garçons.

C'est vers le XIXe - XXe siècle que les études s'ouvrent et se généralisent, laissant place aux universités et écoles telles qu'on les connaît aujourd'hui, structurées et plus ou moins accessibles.

### II.2.1.2. Enseignement supérieur en Algérie

L'enseignement supérieur en Algérie est sous la tutelle du « Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique », l'enseignement est actuellement structuré en 107 établissements : 48 universités, 33 écoles (Préparatoires, nationales et normales), des centres universitaires et annexes. Un développement exponentiel comparé aux trois universités existantes en 1962 (Alger, Oran, Constantine).<sup>43</sup>



Fig. II. 30 : Université d'Alger, Ben Youcef Benkhedda, 1909.

Source : <http://www.radioalgerie.dz/news/fr/>

Depuis 2004, l'Algérie a adopté le système LMD afin de s'adapter aux normes internationales.

### II.2.1.3. Enseignement supérieur à Tizi-Ouzou

L'enseignement supérieur à Tizi-Ouzou a d'abord vu le jour en 1977, sous forme de Centre Universitaire rattaché à l'Université d'Alger. En 1984, ce centre fût subdivisé en 9 Instituts Nationaux d'Enseignement Supérieur avant d'être érigé en Université avec l'ajout de 5 départements implantés sur 8 campus.

De nos jours, l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou assure la formation de 49392 étudiants (2017/2018)<sup>44</sup> et comprend 9 facultés regroupant 29 départements notamment le département d'Architecture.



Fig. II. 31 : Pôle universitaire de Hasnaoua, UMMTO.

Source : [www.liberte-algerie.com](http://www.liberte-algerie.com).



Fig. II. 32 : Pôle universitaire de Bastos, UMMTO.

Source : <https://www.algerie360.com>

<sup>43</sup>Direction Générale des Enseignements et de la Formation Supérieurs, « L'Enseignement Supérieur en Algérie », MESRS

<sup>44</sup>Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, historique [En Ligne] consulté le 15.01.2019 sur <http://www.ummo.dz/historique>

### II.2.1.4. Instituts et Ecoles d'architecture

#### a) Notions et historique

L'école d'architecture est un établissement d'enseignement supérieur chargé d'accueillir et de former des étudiants en leur dispensant un enseignement (qui peut être théorique ou pratique) de façon collective. L'architecture est une discipline particulière à enseigner, elle allie création artistique, techniques constructives, histoire et sciences sociales, ce qui implique certaines particularités et exigences spatiales : Ateliers, amphithéâtres, salle de cours



Fig. II. 33: Ecole d'Architecture du Massachusetts (MIT), U.S.A ; Fumihiko Maki, 2009.

Source : [www.dezeen.com](http://www.dezeen.com)

Au cours de l'histoire, l'enseignement de l'architecture s'est généralement déroulé au sein d'écoles et non pas d'universités. Cet enseignement n'a cessé d'évoluer. Durant le Moyen-âge et la Renaissance, seuls quelques architectes étaient formés à l'Académie Royale (1671) puis à l'Ecole Royale des Beaux-Arts pour concevoir les édifices du pouvoir. Ce n'est qu'au XIXe siècle, conséquence de l'industrialisation que l'enseignement de l'architecture se généralise, le recours à l'architecte devenant plus courant qu'avant, on assiste à une mutation qui induit la création d'écoles supérieures d'architecture durant le XXe siècle.

#### b) Etablissement d'enseignement de l'architecture en Algérie

En Algérie, de 1881 à 1962, l'enseignement de l'architecture s'est fait à l'Ecole Nationale des Beaux-Arts d'Alger, école dépendante de la France entre 1940 et 1962<sup>45</sup>. En 1968 furent institués l'école nationale d'architecture et des beaux-arts et le diplôme d'état d'architecture. Par la suite, en octobre 1970, apparaît la volonté d'élever la formation des architectes au niveau universitaire, afin de mieux garantir sa qualité en se soumettant au critère de l'université pour le recrutement des étudiants et des enseignants, conduisant à la création de l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme (EPAU) : établissement public d'enseignement supérieure doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

En outre, durant les années 1970 et 1980 différents départements universitaires d'Architecture voient le jour. Elevant en 2018 le compte à une école (EPAU), trois instituts et seize départements, parmi lesquels le département d'Architecture de Tizi-Ouzou.

<sup>45</sup> Malik CHEBAHI, « L'enseignement de l'architecture à l'École des beaux-arts d'Alger et le modèle métropolitain. Réceptions et appropriations. 1909-1962 », ABE Journal [En ligne], consulté le 16.01.2019

### c) Etablissement d'enseignement de l'architecture à Tizi-Ouzou

L'enseignement supérieur de l'architecture à Tizi-Ouzou est sous la tutelle de l'université Mouloud MAMMARI, en faculté de génie de la construction depuis 1989.

Depuis 2009, le département se situe au campus de Tamda, cependant une annexe située à l'Ex-Habitat accueille les étudiants en fin de cycle (Master 2).



Fig. II. 34: Pôle universitaire de Tamda.  
Source : <https://www.elwatan.com>

### d) Espaces d'accompagnement des établissements d'enseignement supérieur

Divers espaces d'accompagnement viennent agrémenter les projets d'écoles supérieures et de facultés, parmi lesquelles :

#### ➤ Les placettes

Espaces extérieurs aménagés de mobilier urbain : bancs, tables... permettant aux étudiants de se retrouver et de se détendre.



Fig. II. 35: Placette "Larbaa"  
Source : <http://www.atelierarchi-med.com>

#### ➤ Espaces de stationnement

Espaces dédiés au stationnement de véhicules automobiles, aux vélos... sans oublier d'adapter certaines places aux personnes à mobilité réduite. Une attention particulière est à porter sur la gestion des flux et l'accessibilité (notamment aux véhicules d'urgence).



Fig. II. 36: Vue sur un parking.  
Source : <http://cremtl.qc.ca/>

#### ➤ Les jardins

Espaces extérieurs plantés qui participent à égayer le paysage mais aussi à développer des liens sociaux entre les étudiants. Les plantations peuvent être diverses et variées : Arbres fruitiers, légumes, fleurs, plantes aromatiques....



Fig. II. 37: Jardin partagé de l'Université de Bordeaux.  
Source : <http://aoc.asso.fr/>

#### ➤ Les restaurants universitaires

Espace intérieur de restauration collective destiné aux étudiants qui a pour objectif de servir un repas complet composé d'une entrée, d'un plat chaud et d'un dessert à prix modéré. Peut être sous forme de cafétéria avec un système de libre-service.



Fig. II. 38: Restaurant du centre universitaire de Tarn-et-Garonne.  
Source : <http://www.universite82.com>

### ➤ Les Infirmeries

Espace intérieur géré par des infirmier(e)s qui a pour but d'apporter les premiers soins aux étudiants qui en ont besoin. Cet espace est équipé du matériel médical nécessaire en cas d'urgences.



Fig. II. 39: Infirmerie de l'Université de Rabat.

Source : <http://www.uir.ac.ma>

### ➤ Les Résidences pour étudiants

Espaces intérieurs permettant l'hébergement des étudiants habitant loin. Ces résidences sont composées de chambres mais aussi d'espaces communs aux résidents : salles de repos, cafétéria, salles de lecture...



Fig. II. 40: Chambre de Résidence.

Source : <https://qubrik.be>

#### • Spécificités des résidences pour étudiants

La réflexion autour de l'hébergement des étudiants a évolué, anciennement les étudiants se retrouvaient entassés dans de petites chambres à plusieurs et ces « cités universitaires » étaient renfermées sur elles-mêmes, en rupture avec la ville et généralement avec l'université aussi. De nos jours, les concepteurs prennent de plus en plus compte du confort des étudiants et de l'articulation de ces résidences avec leur contexte. Une résidence contemporaine qui assure le confort de ses usagers doit comprendre :



Fig. II. 41: Chambre, résidence Jussieu, Lyon.

Source : Logement étudiant : Regards critiques et vision d'avenir.

- Des chambres individuelles avec salles d'eau intégrées, qui assurent intimité et permettent de se laver, d'étudier, de se restaurer, de recevoir et de dormir.
- Des cuisines collectives, une par étage si possible.
- Des salles polyvalentes, accueillant différentes activités de loisirs pour se sociabiliser et favoriser les rencontres.
- Des salles de travail/lecture, salle internet pour pouvoir travailler en groupe...



Fig. II. 42: Cuisine collective, salle à manger, CROUS de Caen.

Source : Idem.

L'organisation de la distribution des locaux est importante dans la perception d'une résidence. Il faut distinguer les lieux admis où le public peut se rendre des lieux fermés. Pour cela une hiérarchie des circulations doit être établie en jouant sur des détails architecturaux : les surfaces, les modes d'accès et leurs perceptions (largeur / hauteurs des circulations notamment), la matière et la forme. Pour la sécurité, un contrôle d'accès est indispensable, filtrant ainsi les différents visiteurs. <sup>46</sup>

<sup>46</sup> Christian Quéffelec, « Logements pour étudiants : Regards critiques et vision d'avenir » (PDF), p.45.

## e) Exigences et spécificités spatiales des écoles d'architecture

### ➤ Espaces spécifiques aux écoles d'architecture

Outre les espaces de base communs à toute faculté ou toute école supérieure : Amphithéâtres, bibliothèque, salles de cours, salles informatiques, salle de conférence, restaurants, administration..., les écoles d'architecture comprennent des espaces propres aux études de cette discipline :

- **Ateliers de conception** : Ce sont des salles destinées à l'étude de la conception architecturale et adaptées au dessin pouvant accueillir jusqu'à 20 étudiants, chaque étudiant dispose d'une table de travail pivotante pouvant recevoir un format A0 (0.84m x 1.18m)<sup>47</sup>.

- **Atelier maquette** : La vocation principale de cet atelier est de fournir aux étudiants un espace de travail et l'accès aux machines pour mener leurs expériences, faire leurs études de forme, et enfin construire leurs maquettes et leurs présentations.<sup>48</sup>

- **Matériau thèque** : C'est en quelque sorte une bibliothèque d'échantillons de matériaux, destinée à une libre utilisation par les étudiants et par les enseignants qui désirent exposer certains matériaux ou assemblages dans leurs cours.<sup>49</sup>

- **Atelier de découpe numérique** : Le domaine de la fabrication numérique est en pleine expansion, cet atelier est muni d'appareils contrôlés par ordinateur pour les assister dans la conception et la fabrication de maquettes analogiques. Les étudiants et groupes de recherche ont la responsabilité de préparer leurs dessins d'atelier de découpe à partir de logiciels tels que AutoCAD, Illustrator ou Rhino.<sup>50</sup>

- **Salle d'impression grand format** : lieu dédié aux impressions grand format (Jusqu'à A0) des projets d'atelier et des travaux des étudiants. À cette fin, il est muni d'ordinateurs, de numériseurs, de traceurs et d'imprimantes couleurs.<sup>51</sup>

- **Labo photo** : Cet espace a pour but d'aider les étudiants à pratiquer la photographie. Il a pour vocation de soutenir les étudiants dans leur démarche, en mettant à leur disposition du matériel et des installations adaptés à la réalisation de projets photographiques.<sup>52</sup>

<sup>47</sup> E. NEUFERT, « *Les éléments des projets de construction* », 8<sup>e</sup> édition, Éd. Dunod, 2000.

<sup>48</sup> Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne [En Ligne], disponible sur <<https://enac-am.epfl.ch/page-43525-fr.html>>, consulté le 24.01.2019

<sup>49</sup> Université de Laval [En Ligne], disponible sur <<https://www.arc.ulaval.ca/services-offerts/materiauthèque.html>>, consulté le 24.01.2019

<sup>50</sup> Université de Laval [En Ligne], disponible sur <<https://www.arc.ulaval.ca/services-offerts/atelier-decoupe-numerique.html>>, consulté le 24.01.2019

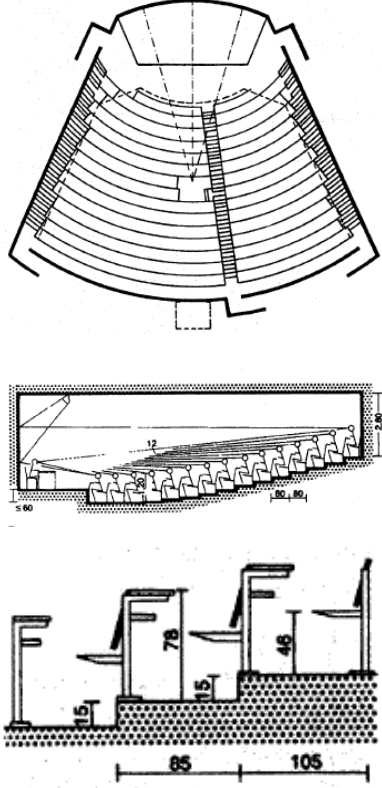
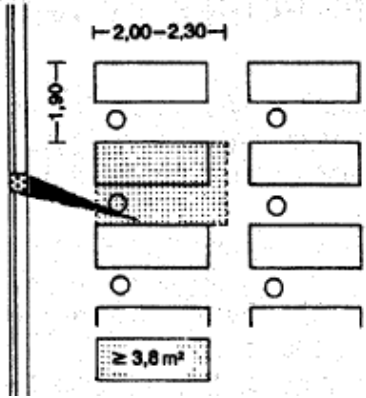
<sup>51</sup> Université de Laval [En Ligne], disponible sur <<https://www.arc.ulaval.ca/services-offerts/traitement-image-impression-numerique.html>>, consulté le 24.01.2019

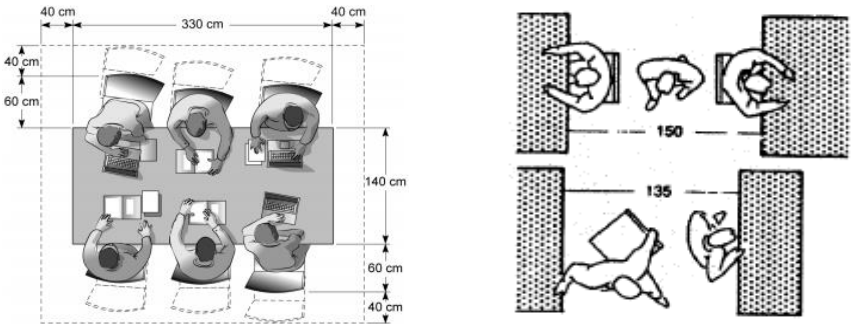
<sup>52</sup> Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-La Villette [En Ligne], disponible sur : <http://www.paris-lavillette.archi.fr/index.php?page=labo-photo>, consulté le 24.01.2018

## ➤ Exigence des espaces

Tab.II 3 : Exigences des espaces d'une école d'architecture.

Source : Auteurs.

Espace	Exigences
<p><b>Amphithéâtres</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Au-delà d'une capacité d'accueil de 200 personnes, il est préférable qu'il soit séparé des autres blocs.</li> <li>• Différenciation des accès des étudiants et ceux des professeurs (salle de préparations).</li> <li>• Plan trapézoïdale de préférence sans décrochements pour une réflexion homogène des ondes sonores</li> <li>• Matériaux absorbants sur les parois latérales et sur la paroi en face de la source sonore, des matériaux réfléchissants derrière et près de la source sonore.</li> <li>• Isolation phonique des parois extérieures.</li> <li>• Place nécessaire par étudiant dans une position confortable : 70x85, 60x80, voire 55x75cm.</li> </ul> 
<p><b>Ateliers de conception</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientation Nord si possible pour une lumière uniforme durant la journée.</li> <li>• Surface de 3,5 à 4,5 m<sup>2</sup> par table à dessin (selon la taille de la table à dessin).</li> </ul> 
<p><b>Labo photo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Labo photo doit être orienté au nord afin de bénéficier de la lumière naturelle uniforme.</li> <li>• Présence d'une chambre noire (d'une surface de 1.5 à 02 m<sup>2</sup>) sans lumière pour le développement et le tirage des photos.</li> <li>• Présence d'un point d'eau commun.</li> <li>• Présence d'une pièce alcôve pour changer les appareils.</li> <li>• Prise en compte d'une place de travail de 03 à 04 m<sup>2</sup> par étudiant.</li> </ul>

<p><b>Bibliothèque / Médiathèque et Salle de lecture</b></p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Globalement pour la bibliothèque et la médiathèque une surface nécessaire de 0.35 à 0.55 m<sup>2</sup> par étudiant</li> <li>• Préférence pour les orientations Nord et Est</li> <li>• Lumière douce pour la lecture sur écran : sources directes et indirectes.</li> <li>• Protéger les rayonnages de la lumière du jour</li> <li>• Température optimale de 22°C en été, 20°C en Hiver</li> <li>• Surface nécessaire à un poste de travail individuel : 2,5m<sup>2</sup></li> </ul>
<p><b>Atelier de peinture</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favoriser l'orientation Nord pour une lumière naturelle uniforme.</li> </ul>
<p><b>Laboratoires pédagogiques</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation mécanique doit être assurée.</li> </ul>

• **Sécurité et adaptation aux personnes à mobilité réduite**

Pour la sécurité, il faut prévoir des extincteurs de 6 litres, des détecteurs de fumée et surtout concevoir des sorties de secours adaptées en nombre et en dimensions à l'affluence et la capacité des espaces concernés.

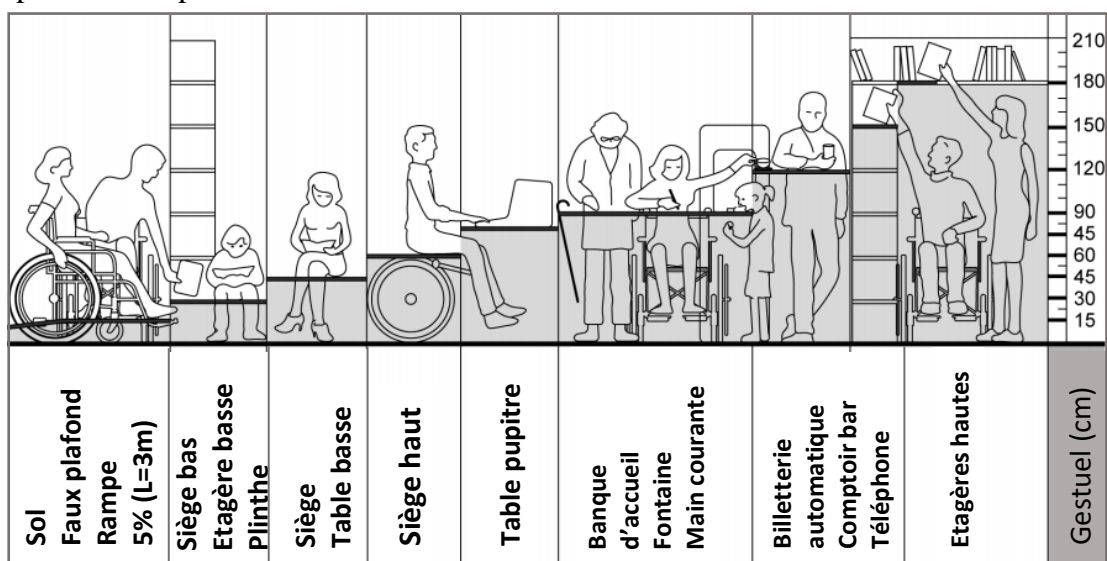


Fig. II. 43: Dimensions adaptées d'aménagement pour personnes à mobilité réduite.

Source : <http://www.filigrane-programmation.com/wp-content/uploads/2016/10/Bbliothèque-Chap11-1.0.pdf>

## II.2.2. Analyse d'exemples référentiels

### II.2.2.1. ENSA de Marseille

L'école nationale supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA-M) est un établissement d'enseignement supérieur et de recherche en architecture situé au campus de Luminy à Marseille en France. L'école ouvre en 1968 dans des locaux conçus par René Egger et est étendue en 2005 puis en 2017 par l'agence « PAN architecture ».



Fig. II. 44: Vue sur l'ENSA de Marseille, France  
Source : Google Earth

#### a) Situation et caractéristiques du site

L'ENSA-M se situe à l'extrême Sud de Marseille, au quartier de Luminy au cœur du « parc national des Calanques », l'école fait partie d'un vaste technopôle composé d'écoles, d'une université (Aix-Marseille), de laboratoires de recherche et d'entreprises de haute technologie.<sup>53</sup>



Fig. II. 45: Carte de situation de l'ENSA-M  
Source : Google Earth / Auteurs

Le site particulièrement boisé offre un cadre paysager exceptionnel. L'école est accessible par le Nord, elle est délimitée à l'Est par l'Ecole supérieure d'Art et de Design, au Nord par la « KEDGE Business School », à l'Ouest et au Sud par le parc national des Calanques et la mer Méditerranée.



Fig. II. 46: Vue aérienne sur l'ENSA-M au sein du technopôle.  
Source : Google Earth / Auteurs

<sup>53</sup> Grand Luminy, Présentation [En Ligne], consulté le 17.01.2019 <https://www.grandluminy.com/fr/>

## b) Historique et contexte d'émergence

L'enseignement de l'architecture à Marseille se faisait entre 1906 et 1967 au sein d'un atelier d'architecture à l'Ecole des Beaux-Arts de Marseille dans un immeuble haussmannien situé Place Carli au centre de la ville avant d'être délocalisée à Luminy en 1968 dans des bâtiments conçus par l'architecte René Egger. En 1969, l'Architecture ne dépend plus des beaux-arts avec la création de « l'Unité Pédagogique d'Architecture » suite aux événements de Mai 1968. En 2005, elle devient « Ecole Nationale Supérieure d'Architecture » et connaît une extension conçue par « PAN Architecture » en 2015.<sup>54</sup>



Fig. II. 47 : Palais des Arts, Place Carli, Marseille.  
Source : Robert Valette.



Fig. II. 48 : L'ENSA de Marseille en 1969.  
Source : <http://www.marseille.archi.fr/ecole/presentation-ensa-m/>



Fig. II. 49 : L'extension de l'ENSA-M, 2015.  
Source : PAN Architecture.

## c) L'extension

Une extension bioclimatique de 464m<sup>2</sup> comportant trois ateliers de plein pied vient se greffer au Sud-Ouest de l'école portant la surface totale de l'ensemble à 6.741 m<sup>2</sup>. Les architectes de « PAN Architecture » ont voulu respecter ce « paysage architecturé » en s'implantant dans la continuité de l'existant avec une nouvelle « branche » qui s'y intègre parfaitement. Cette intégration est assurée par le choix des architectes d'un volume simple de faible gabarit, aligné avec le reste du plan de masse et comportant une galerie au Sud en rappel aux coursives ouvertes préexistantes de l'école.<sup>55</sup>

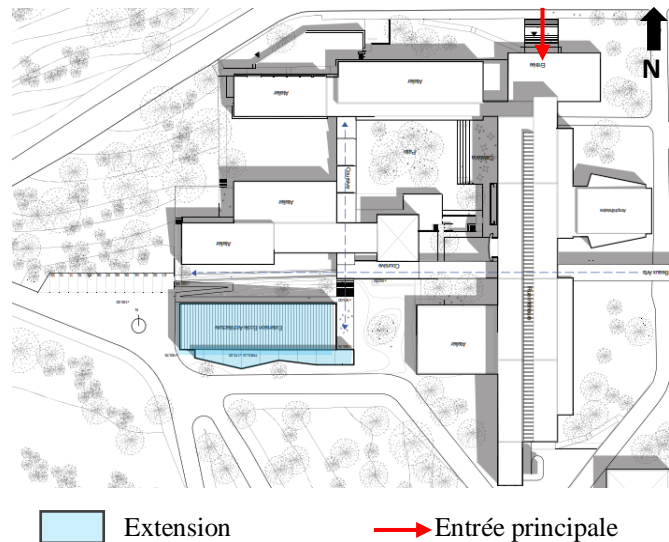


Fig. II. 50 : Plan de masse de l'ENSA-M, 2015.  
Source : PAN Architecture

<sup>54</sup> L'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille, Historique [En Ligne], URL : <http://www.marseille.archi.fr/ecole/presentation-ensa-m/>, consulté le 18.01.2019

<sup>55</sup> PAN Architecture, Extension de l'Ecole d'Architecture [En Ligne], URL : [http://www.panarchitecture.fr/equipements\\_EAA.html](http://www.panarchitecture.fr/equipements_EAA.html), consulté le 17.01.2019.

### d) Le fonctionnement

L'école se compose de trois blocs, dont un en R+2 et deux de plein pied. L'ensemble s'organise autour d'espaces extérieurs boisés et est relié par des coursives ouvertes. L'entrée au Nord du bloc R+2 dessert deux ailes qui contiennent un amphithéâtre, une cafétéria, des salles de cours et des ateliers.



Fig. II. 51: Plan du RDC de l'ENSA-M.

Source : <http://www.marseille.archi.fr/wp-content/uploads/2017/10/plan-de-l-ENSAM.jpg> / Auteurs

Le premier étage accueille les espaces administratifs, la salle informatique et la salle d'impression. Tandis que le deuxième étage accueille des espaces réservés aux étudiants doctorants et à la recherche (INAMA, Project(s), Dreams...), incluant un laboratoire photo et une salle de séminaire.

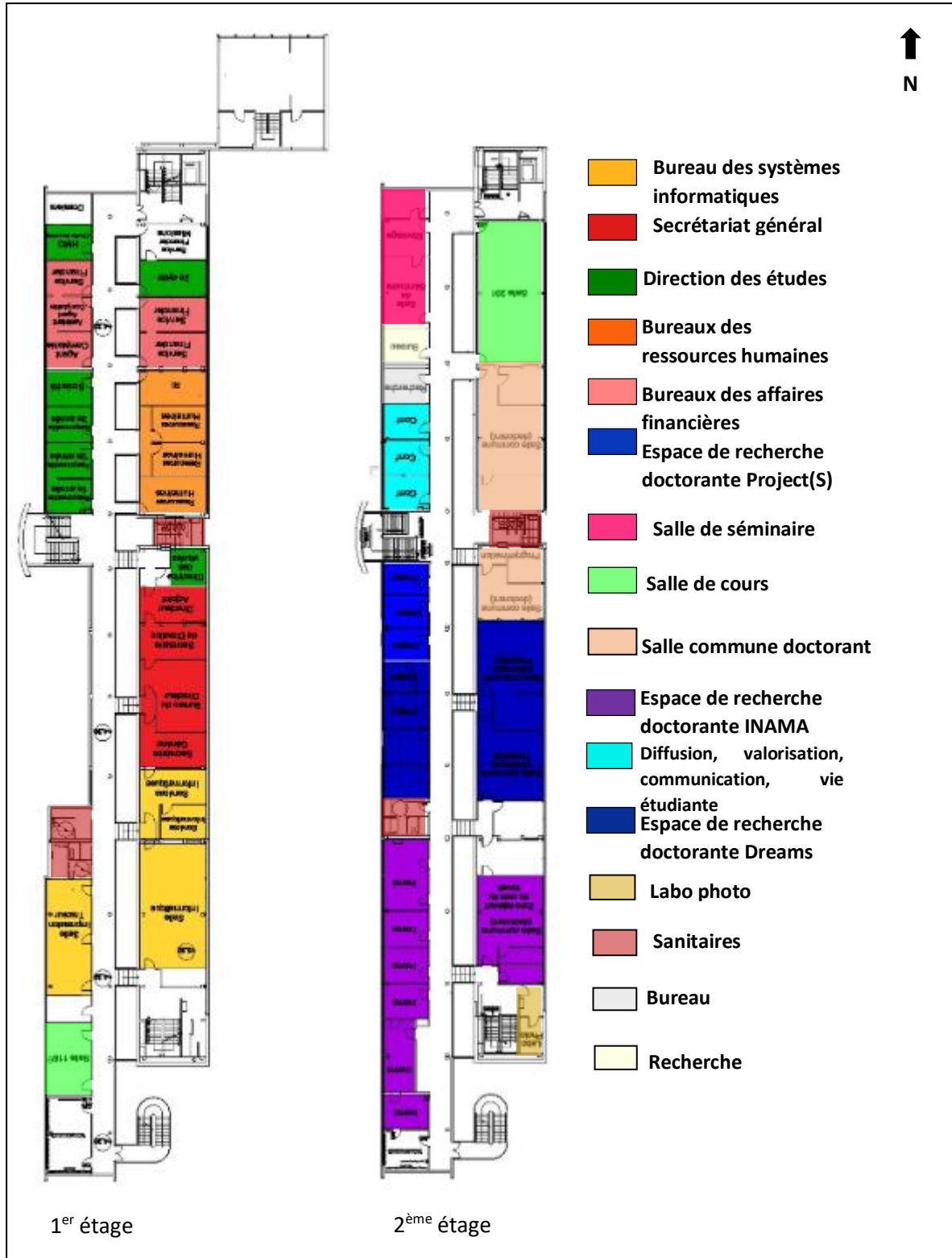


Fig. II. 52: Plans du 1er et 2ème étage.

Source : <http://www.marseille.archi.fr/wp-content/uploads/2017/10/plan-de-l-ENSAM.jpg> / Auteurs

### e) Qualités et carences bioclimatiques

#### ➤ Qualités bioclimatiques

La qualité bioclimatique du projet se localise principalement au niveau de l'extension conçue par « PAN Architecture » et se caractérise par :

- L'implantation de l'extension suivant un axe Est-Ouest qui permet d'avoir un maximum de surface de façade orientée vers le Sud et ainsi capter un maximum de rayonnements solaires pour chauffer en hiver.
- L'utilisation du concept de la serre bioclimatique : Le treille disposé au Sud joue le rôle de serre en hiver et permet de capter les rayons solaires et de chauffer naturellement les ateliers. Tandis qu'en été, il sert uniquement de protection solaire
- La ventilation des ateliers est assurée de manière naturelle par la ventilation transversale entre la façade Sud et Nord de l'extension
- Le bardage ventilé permet l'aération des façades pour atténuer les surchauffes en été.

#### ➤ Carences bioclimatiques

Les carences bioclimatiques se situent plutôt au niveau du bâti ancien (la partie conçue par René Egger en 1968) :

- L'éclatement et la fragmentation de l'ensemble en différents blocs augmente les surfaces en contact avec l'extérieur et ainsi les déperditions thermiques.



Fig. II. 53: Vue sur le treille de l'extension, ENSA-M.  
Source : PAN Architecture



Fig. II. 54: Vue sur le treille de l'extension, ENSA-M.  
Source : Idem



Fig. II. 55: Bardage ventilé  
Source : Idem.

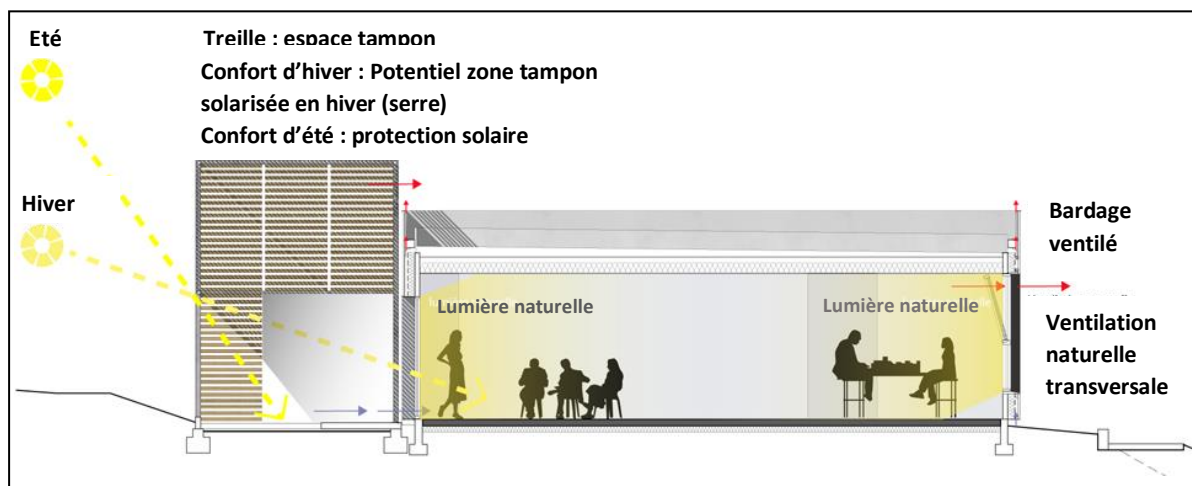


Fig. II. 56: Schéma synthétique de l'aspect bioclimatique du projet  
Source : PAN Architecture

## f) Synthèse

L'ENSA de Marseille est un exemple de référence en terme d'intégration au site, au cœur du Parc National des Calanques, cette école de par son horizontalité et sa fragmentation laisse place à la végétation, ainsi conserve l'identité du site et ne dénature pas le paysage.

D'un point de vue fonctionnel, l'école intègre un programme riche qualitativement (Ateliers, amphithéâtres, salle informatique, cafétéria, labo photo, salle d'impression, salle de séminaire, espaces de recherche pour les doctorants...) et ne manque que d'une bibliothèque pour satisfaire l'ensemble des besoins des étudiants.

Les coursives ouvertes qui relient les différents blocs permettent une imbrication intéressante entre « dedans » et « dehors » et offre des espaces conviviaux aux usagers. Elles représentent un des points culminants du projet.

Le bâti de 1968, de style moderne, est très représentatif d'une certaine architecture du XXe siècle qui n'est plus adaptée à nos temps contemporains : long couloirs, fragmentation, façades vieillissantes, isolation thermique insuffisante... Une réhabilitation semble être nécessaire.

L'implantation exemplaire de l'extension par rapport à l'existant (Alignement, sobriété volumétrique, gabarit, respect du paysage) et son aspect bioclimatique pourront nous servir par la suite comme source d'inspiration pour concevoir notre projet.



Fig. II. 57: Vue sur l'extension de l'ENSA-M.  
Source : PAN Architecture.



Fig. II. 58: Vue sur la coursive extérieure, ENSA-M.  
Source : Idem



Fig. II. 59: Vue sur la façade Nord de l'extension.  
Source : Idem.

### II.2.2.2. Faculté d'architecture de Porto

#### a) Présentation

La Faculté d'architecture de Porto est un établissement d'enseignement supérieur situé au campus universitaire de Porto au Portugal. Conçue par Alvaro Siza, elle fut construite entre 1985 et 1996.

#### b) Contexte et caractéristique du site

La parcelle du projet est située en périphérie du centre-Ville de Porto. Etant auparavant une parcelle agricole, cette dernière, de forme triangulaire, recouvre une surface de 87.000 m<sup>2</sup>.

Sa topographie résulte d'un relief dégringolant en une succession de terrasses escarpées d'Est en Ouest et de Nord en Sud. Le site est délimité au Nord par l'autoroute reliant Porto à Lisbonne, et au Sud par les berges abruptes du fleuve « Douro ».

Le climat de Porto est de type supra-méditerranéen à influence océanique, c'est un climat tempéré, avec un été dont la température moyenne est inférieure à 22°C.

Sur la plus haute côte (partie sud-est) de la faculté est implantée une maison de maître « Quinta de Povia » accompagné d'un jardin.

Vers le Sud, près de la rivière, des tours des années 1950 viennent agrémenter le paysage du site, elles serviront par la suite Alvaro Siza pour la conception de la faculté.



Fig. II. 60 : Faculté d'architecture de Porto.  
Source : Alvaro\_Siza.compressed.pdf

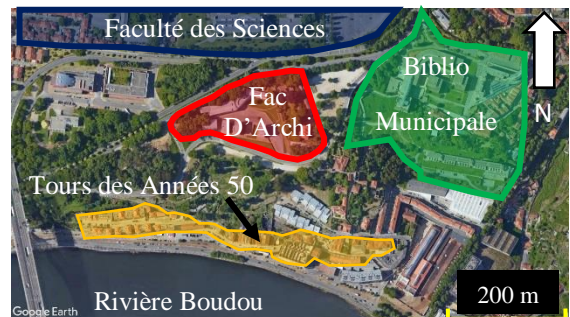


Fig. II. 61 : Situation de La faculté dans le campus.  
Source : Google Earth / Auteurs.

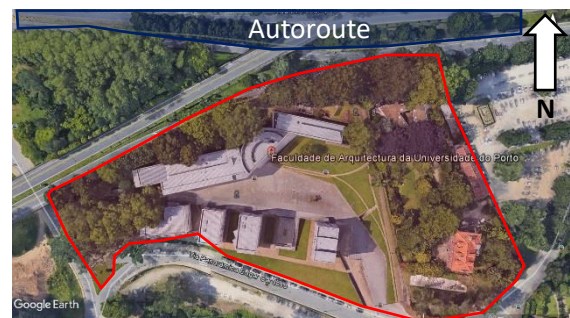


Fig. II. 62 : Délimitation de la faculté d'architecture  
Source : Google Earth / Auteurs.

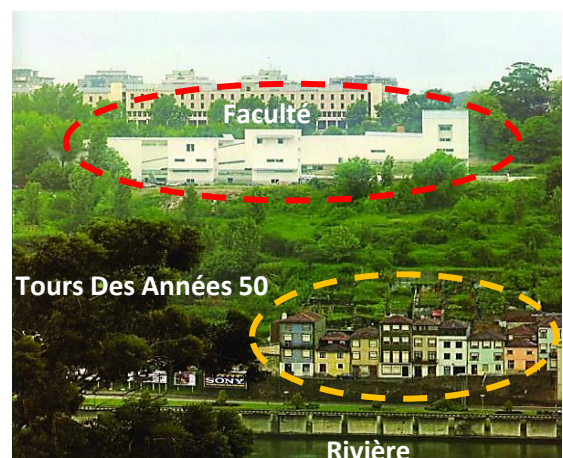


Fig. II. 63 : Interface de la faculté D'architecture.  
Source: Alvaro\_Siza.compressed.pdf

### c) Historique et contexte d'émergence

C'est qu'en 1985, que la filière et le département d'architecture de Porto se détache de sa dépendance du carcan académique de l'école de beaux-arts où elle appartenait. Ce nouveau projet fut alors attribué à Alvaro Siza pour sa conception.



Fig. II. 64 : Détachement de l'enseignement de l'architecture des beaux-arts vers la Fac.  
Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ecole\\_sup%C3%A9rieure\\_des\\_beaux-arts\\_de\\_Porto](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ecole_sup%C3%A9rieure_des_beaux-arts_de_Porto).

### d) Idéation

L'idée primaire du projet était de concevoir un volume unifié ouvert sur une cour intérieure. Or, on se rendra compte très rapidement de la difficulté d'intégrer un volume unifié sur tel site accidenté, ceci pousse le projet à s'éclater : c'est le concept de fragmentation. Cette fragmentation est aussi justifiée aussi pour mieux répondre à la complexité du programme. En prenant en considération

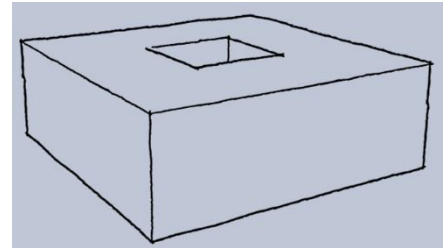


Fig. II. 65 : Idée Primaire de l'architecte.

Source : [Alvaro\\_Siza.compressed.pdf](#)

l'environnement immédiat aussi, l'architecte a eu le réflexe de vouloir protéger le projet des nuisances sonores causées par l'autoroute Nord, de plus qu'il fallait exploiter le cadre paysager des berges de la rivière Sud. Enfin, Alvaro Siza, fait appel à la géométrie et aux lignes dominantes du site pour tracer les premières lignes de la faculté.<sup>56</sup>

### e) Formalisation et Fonctionnement

**Première Phase (1985) :** La première phase se limita à la construction du pavillon « Carlos Ramos » abritant les ateliers et les studios des étudiants de la 1<sup>ère</sup> année. Ce dernier fut construit au nord-est de la parcelle, en côté opposé de la Villa « Quinta de Povia », et relié à cette dernière par une allée droite. Son organisation introvertie, suivant la forme U, permet de dégager une sorte de cour intérieure trapézoïdale, comme espace conviviale entre étudiants tout en restant intime, en tournant le dos à l'autoroute nord, dans le but de se protéger des nuisances sonores. Cette forme en U est justifiée aussi par le travail de géométrie fait afin que les deux ailes du pavillon convergent vers l'ancienne Villa. Les façades tournées vers l'intérieur de la

<sup>56</sup> Beaulieu, Laroche, Lizotte et Robitaille, [https://www.arc.ulaval.ca/files/arc/Alvaro\\_Siza.compressed.pdf](https://www.arc.ulaval.ca/files/arc/Alvaro_Siza.compressed.pdf) Op.cit. P6.

cour sont complètement vitrées créant une transparence spatiale entre les étudiants et les usagers du pavillon, tandis que les façades du pourtour sont, pratiquement opaques. La couleur blanche utilisée renvoie aux couleurs des maisons traditionnelles portugaises de 18<sup>ème</sup> Siècle et au mouvement moderne à la fois. La relation entre le pavillon, la villa et l'espace délimité du site introduit les bases de références pour le développement de la deuxième phase du projet.<sup>57</sup>

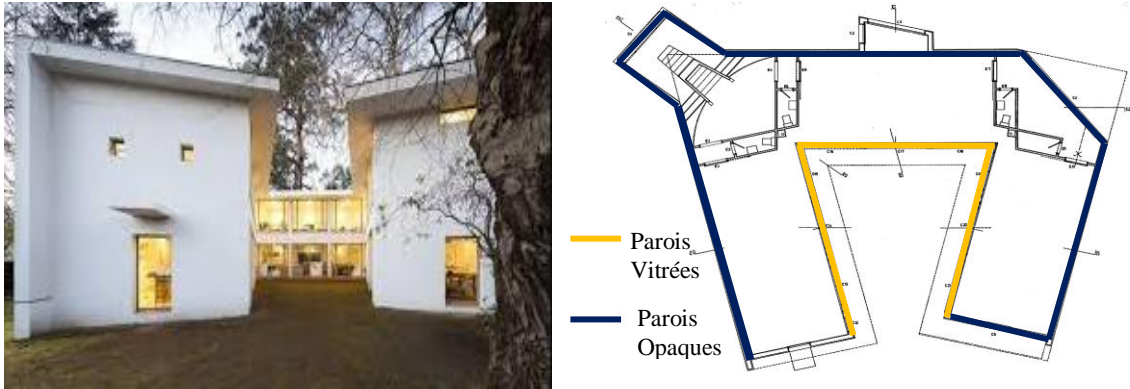


Fig. II. 66 : Plan du Pavillon Carlos Ramos.

Source : <https://www.dezeen.com/2011/10/05/carlos-ramos-pavilion-by-alvaro-siza>.

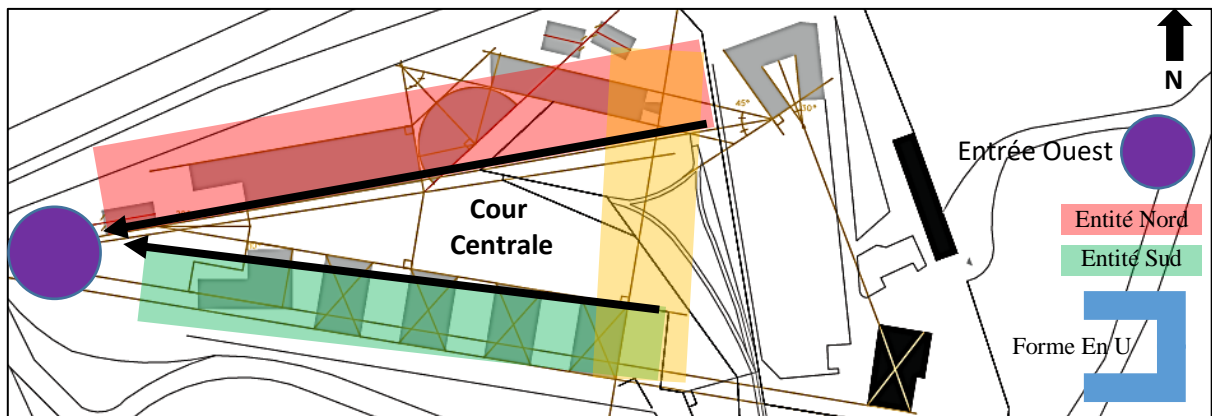


Fig. II. 67 : Relations géométriques entre les entités du projet

Source : [Alvaro\\_Siza.compressed.pdf](#) / Auteurs.

**Deuxième Phase (1986-1996) :** concerne la construction des équipements nécessaires au fonctionnement du projet : les ateliers, bureaux administratifs, amphithéâtres, bibliothèque et salle d'expositions. Ces entités sont organisées de telle sorte à créer une cour centrale unificatrice. Le travail géométrique est d'autant présent ici aussi : Les dimensions et proportions des tours Sud sont définies de celle de la villa « Quinta de Povoá », tandis que les blocs nord, (présentés comme une barrière entre le projet et l'autoroute), sont organisés en fonction d'un angle du pavillon. L'image donnée de cette deuxième entité est semblable à celle du pavillon mais à une échelle plus grande : En effet, les blocs Nord et Sud créent une sorte de 2 ailes en forme de U convergeant vers l'extrémité Ouest de la parcelle où se situe l'accès de la faculté.<sup>58</sup>

<sup>57</sup> Beaulieu, Laroche, Lizotte et Robitaille., Op.cit., P4.

<sup>58</sup> Laliberte-Vincent, Marine Et Michaud, « Etude d'une pensée constructive d'architecte, faculté d'architecture université de Porto », ARC-6021, P 4

**Aile Sud :** Voulant valoriser les tours des années 50, L'architecte a conçu 05 tours donnant sur le fleuve, séparées par des espaces verts. Quartes d'entre elles sont identiques concernant leurs aspects formels, mais se différencient par leurs gabarits où un dégradé de hauteurs a été appelé : En effet, de l'ouest vers l'est le gabarit de ces tours augmente afin d'aligner le niveau de leurs toitures avec la corniche de la villa. Le 5<sup>ème</sup> bloc (situé à l'ouest) se réoriente de manière à poursuivre l'axe de l'entrée de la faculté. Notons aussi que le bloc 04 compté en allant de l'ouest a été supprimé par la suite pour dégager des vues panoramiques vers le fleuve depuis la cour. Ces tours ont la même organisation interne, soit un noyau de service au centre, accompagné, à chaque niveau, deux bureaux et deux studios de dimension restreintes pour encourager le travail par petits groupes.<sup>59</sup>

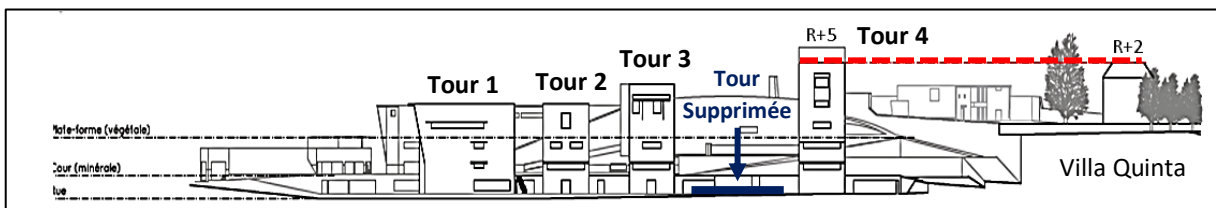


Fig. II. 68 : Dégradé (Jeu) de hauteurs des tours sud.

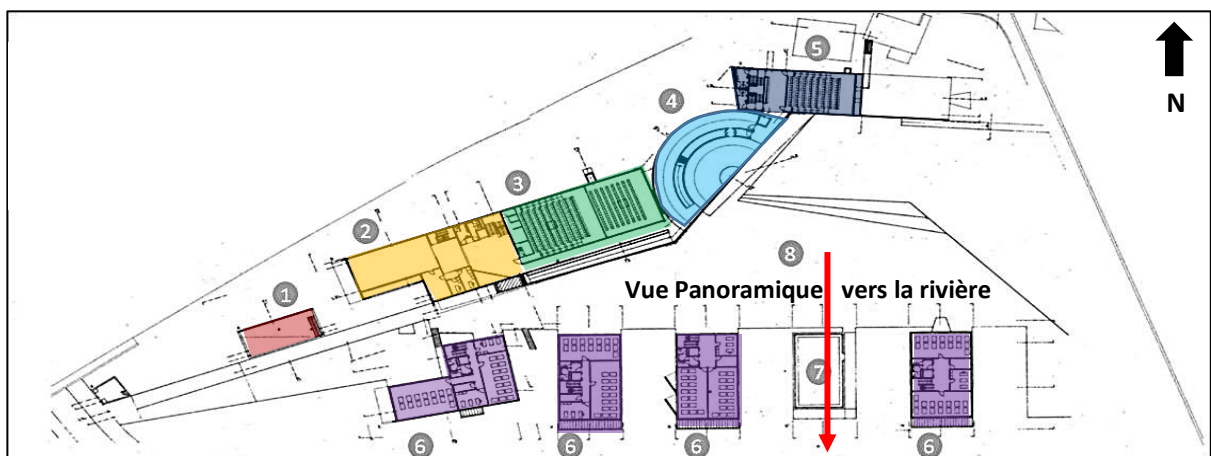
Source : Alvaro\_Siza.compressed.pdf / Auteurs.

**Aile Nord :** Facilement distingué par rapport à l'aile Sud par son aspect monolithique.

Elle née par l'imbrication de trois entités (volumes) comportant les activités collectives :

- Un parallélépipède abritant l'auditorium ainsi que des bureaux administratifs.
- Une semi sphère : abritant une salle d'exposition.
- Un 2<sup>ème</sup> parallélépipède abritant une bibliothèque.

Les façades de cette aile donnant sur l'autoroute sont pratiquement toute opaques afin d'assurer le confort acoustique exigé par les fonctions abritées par ce bloc.



1-Cafétéria. 2-Batiment Administratif. 3-Auditorium. 4—Salle D'exposition. 5-Bibliothèque.  
6-Atelier et Studios. 7-Terrasse / Friche. 8-Cour Centrale.

Fig. II. 69: Répartitions de différentes fonctions de la faculté.

Source : Alvaro\_Siza.compressed.pdf / Auteurs.

<sup>59</sup> Laliberte-Vincent, Marine Et Michaud, Op.Cit. P 11.

## f) Qualités et carences bioclimatiques

### ➤ Qualités bioclimatiques assurées par :

- Protection des ouvertures par des pare-soleil.
- Couverture des murs extérieurs par un crépissage blanc réfléchissant les rayons solaires.
- Favorisation de l'éclairage naturel dans l'aile Nord par :
  - Éclairage zénithal
  - Puits indirects, au subtil travail sur le décalage du toit de la salle d'exposition semi-circulaire. Un système de parois parallèles permet la réflexion de lumière de parois en parois pour arriver diffusée dans la salle semi circulaire.
  - Éclairage directe : utilisation des fenêtres en bandeaux à hauteur d'œil.
- Réduction d'effet de serre : par l'utilisation de matériaux à faible albédo pour le revêtement des parcours : De l'entrée Ouest, le parcours piéton menant à la villa est couvert de pavés grossiers et rustiques, la cour est revêtue de petits cubes de pierre. Enfin, Les parcours le long des ailes Nord et sud sont pavés de larges tuiles de pierre.
- Utilisation du béton comme matériau de construction primaire, assurant ainsi une bonne inertie thermique. En Outre, les façades sont dotées de petites ouvertures rationalisées limitant les déperditions thermiques et améliorant ainsi l'isolation thermique pour chaque bloc.



Fig. II. 70 : Vue sur différents protections Soleils.  
Source : [https://www.youtube.com/watch?v=40eD\\_30SUFM](https://www.youtube.com/watch?v=40eD_30SUFM)



Fig. II. 71 : Vue sur les Sheds.  
Source : [https://www.youtube.com/watch?v=40eD\\_30SUFM](https://www.youtube.com/watch?v=40eD_30SUFM)

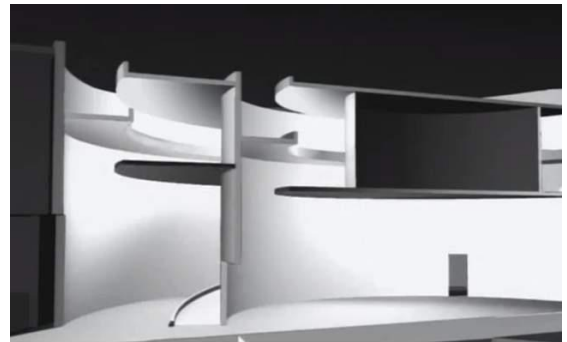


Fig. II. 72 : Fonctionnement d'éclairage Naturelle de la bibliothèque.  
Source : Alvaro Siza.compressed.pdf



Fig. II. 73 : Vue sur le revêtement des parcours.  
Source: Alvaro\_Siza.compressed.pdf

### ➤ Carences bioclimatiques

La fragmentation de la faculté en différents blocs augmente les surfaces de contact avec l'extérieur et ainsi les déperditions thermiques.

### g) Synthèse

L'analyse faite a été bénéfique pour plusieurs raisons : D'une part, le site du projet présente des similitudes phares avec notre site d'intervention (Présence de l'autoroute, du fleuve et d'une structure déjà existante sur le site). D'autre part, la démarche de l'architecte et les concepts employés ont été bien retenus afin de s'en inspirer et les réemployer par la suite.

Parmi ces concepts on peut citer :

#### ➤ Concept liés au site

- Intimité : En plus de se protéger des nuisances sonores du côté nord, les façades opaques permettent d'assurer une meilleure intimité contre les regards extérieurs.
- Perspective et percées visuelles : en dégagent des vues panoramiques sur le fleuve.

#### ➤ Concept liés au projet

- Fragmentation : permettant d'aérer le plan masse et de dégager des percées visuelles.
- Centralité : en dégageant un grand espace central organisateur des différentes entités.
- Transparence et fluidité : contrairement aux façades extérieures opaques, les façades intérieures sont vitrées, permettant de concevoir une transparence spatiale.
- Géométrie et proportions : La villa « Carlo Ramos » est prise comme module de base pour concevoir la forme et les dimensions des blocs Sud. En plus, de faire appel à des rotations angulaires pour l'orientation de la partie Nord du projet.
- Intégration au site : En faisant rappel aux tours des années 50, les blocs sud sont un clin d'œil au patrimoine portugais avec une image plus moderne. A ceci s'ajoute l'intégration à la nature par la conservation de la végétation sur le site et ainsi le maintien du paysage naturel, Cependant, nous avons constaté quelques lacunes :
  - La grande cour centrale est très peu conviviale qui semble inanimée.
  - D'un point de vue bioclimatique, rien n'est fait pour optimiser la captation de l'énergie solaire et ainsi pouvoir chauffer naturellement en hiver.

### II.2.2.3 Synthèse de l'analyse des exemples

A travers l'analyse d'exemples nous avons pu dégager certaines spécificités spatiales propres aux écoles d'architectures : Ateliers de conception, matériauthèques... avec les exigences fonctionnelles qui accompagnent ces espaces, ainsi que certains principes d'extension et de conception architecturale qui nous seront utiles par la suite. De plus, nous avons établi des recherches sur les différents espaces d'accompagnement des écoles d'architecture afin d'enrichir d'avantage, quantitativement et qualitativement notre programme prévisionnel.

## II.2.2.4 Programme Prévisionnel

Tab.II 4: Programme Prévisionnel du projet

Entité	Sous Entité	Espaces
Accueil et Orientation	/	- Porsche d'entrée. - Vestibule & Hall. - Banque d'accueil & Orientation. - Salon d'Attente.
Administration	Personnel	-Bureaux de Scolarité. -Salle de tirage et d'impressions. -Secrétariat. -Bureau Comptabilité et Gestion. -Bureau de Direction. -Bureau des ressources humaines. -Salle Personnels.
	Enseignants	-Salle de réunion. -Salle de tirage et d'impressions.
Pédagogique et Artistique	Transmission & Enseignement	-Ateliers de Conception. -Ateliers de Dessins et Peintures. -Ateliers d'arts plastiques. -Salles de Cours (Grandes salles). -Salles de TD -Salle de cours Informatique/Modélisation. -Laboratoires pédagogiques -Amphithéâtres.
	Diffusion	-Vidéotheques.
	Recherche pédagogique	-Salle de recherche internet. -Médiathèque. -Laboratoires -Matériauthèques -Laboratoires FABLAB
	Support Technique	-Ateliers Maquettes. -Atelier de découpe numérique -Salle d'impressions grands formats. -Labos photos. -Salles de Tavaux de groupes.
Recherche scientifique (Nouveau matériaux, énergies renouvelables).	Laboratoire de la Recherche scientifique et d'expérimentations.	-Salles d'expérimentations. -Laboratoires Matériauthèques. -Bureaux de chercheurs/Docteurs.
	Formation	-Salle de séminaires. -Salle commune des doctorants -Médiathèque.
	Administration	-Secrétariat. -Bureau de Direction.
Exposition	/	-Hall d'exposition. -Halle technologique
Consommation, Détente & récréation.	Consommation	-Cafétéria. -Réfectoire.
Hébergement	Résidence	-Résidences : chambres. -Buanderie. -Cuisine commune. -Douche / WC communs.
	Travail	-Salle de Lecture. -Salle de recherche internet. -Salle Maquette / travaux de groupes.
	Annexe	-Bureaux administration. -Magasin associatif -Infirmieries.
Support logistique	Locaux techniques	-Local de stockage pour ateliers. -Bassin de récupération des eaux pluviales. -Local de tri de déchets.
	Espaces extérieurs	-Parkings. -Placettes et Espaces verts /jardins potagers. -Local à vélos. -Magasinier. -Infirmieries.

## ➤ Synthèse des thématiques d'interventions et de la vocation fonctionnelle du projet

La connaissance des diverses techniques de réhabilitation (thermique, ravalement de façade, redistribution des espaces intérieurs...) et d'extension nous permettra d'intervenir sur l'ex-Habitat sereinement pour améliorer ainsi le confort thermique, le fonctionnement et l'image de l'école. Tandis que l'analyse de la vocation fonctionnelle : enseignement supérieure et écoles d'architecture ainsi que l'étude d'exemples référentiels, nous ont permis d'établir un programme prévisionnel avec des espaces adaptés aux exigences qualitatives et quantitatives des écoles d'architecture.

## II.3. Bioclimatisme et démarches environnementales : notions et préceptes

L'architecture bioclimatique ne vient pas de nulle part, elle naît d'une prise de conscience collective suite aux chocs pétroliers des années 1970. Différentes notions et démarches environnementales autour de ce sujet ont participé à son émergence.

### II.3.1. Le développement durable

#### II.3.1.1. Définitions et historique

« Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. »<sup>60</sup> Cette définition témoigne ainsi de la nécessité d'assurer à long terme le développement économique sans toutefois y opposer l'environnement et la dimension sociale.

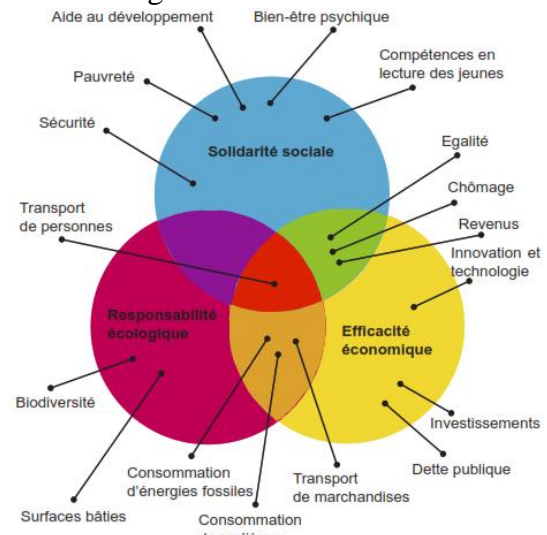


Fig. II. 74: Les piliers du développement durable  
Source : [tekburo.fr/developpement-durable/](http://tekburo.fr/developpement-durable/)

Ce concept est passé par plusieurs étapes avant de voir le jour, à commencer par le « Premier Sommet de la terre » : la Conférence des Nations Unies sur l'environnement à Stockholm en 1972, exposant les notions d'écodéveloppement, d'interactions entre écologie et économie et le développement des pays du Sud et du Nord.<sup>61</sup> Par la suite, l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature), a évoqué pour la première en 1980 fois le concept du développement durable traduite de l'anglais « *Sustainable Development* » mais cela restait assez restreint comme définition.<sup>62</sup> Ce n'est qu'avec le « Deuxième Sommet de la terre » et le rapport de la Commission des Nation Unies sur l'Environnement et le Développement : le « Rapport de Brundtland » en 1987, qu'a été élaborée la définition actuelle du développement durable. La définition « Brundtland », sera ensuite mise à jour par la notion des « trois piliers » traitant les vrais objectifs et enjeux du développement durable en 1992 avec : « Troisième sommet de la Terre » : Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de Rio de Janeiro. Depuis 1997 et le protocole de Kyoto (COP3), des « conférences des parties » (COP) réunissent les états membres pour mettre en place des objectifs contraignants et des délais visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

<sup>60</sup> Rapport Brundtland, « Notre Avenir à tous » de la commission mondiale sur l'environnement et le développement (nations Unies, New-York,) 1987.

<sup>61</sup> Aurélien Boutaud, « Le développement durable : penser le changement ou changer le pansement ? » École Supérieure des Mines de Saint-Étienne (thèse de Science et Génie de l'environnement), Saint-Étienne, 2005. P 75

<sup>62</sup> Gérard Granier, Yvette Veyret, « Développement durable. Quels enjeux géographiques ? » dossier n° 8053, Paris, La Documentation française, 3e trimestre 2006, P 2.

### II.3.1.2. Objectifs et piliers du développement durable

Le développement durable a pour objectifs fondamentaux :

- L'équité sociale entre les nations, les générations et les individus ;
- L'intégrité écologique et environnementale ;
- L'efficacité économique.

La concrétisation de ces trois objectifs se base principalement sur **15** principes regroupés en Trois (03) piliers :

- 1- Assurer l'équité sociale** : En réduisant les inégalités sociales par la satisfaction des besoins essentiels des communautés, au niveau local et global, et l'amélioration de la qualité de vie (accès à l'emploi, à l'éducation, aux soins médicaux...)
- 2- Conserver l'intégrité de l'environnement** : Par la préservation du milieu naturel et de ses ressources (eau, air ...) ainsi que le maintien de la vitalité, la diversité et la reproduction des espèces par une meilleure utilisation et une gestion durable des écosystèmes exploités, le tout en réduisant les impacts négatifs sur l'environnement tel que la pollution, la déforestation, les productions de déchets dangereux...
- 3- Améliorer l'efficacité économique** : En favorisant une gestion optimale des ressources humaines, naturelles et financières, afin de permettre la satisfaction des besoins des communautés humaines. Ceci, par la responsabilisation des entreprises et des consommateurs au regard des biens et des services qu'ils produisent et consomment ainsi que par l'adoption de politiques gouvernementales appropriées (principe du pollueur/utilisateur-payeur, internalisation des coûts environnementaux et sociaux, éco-fiscalité).<sup>63</sup>

Ainsi, dans le but d'atteindre simultanément l'équilibre entre ces trois objectifs fondamentaux, le développement durable n'exclut aucune catégorie sociale et aucun secteur : Tout acteur de tout secteur est et sera toujours confronté à la responsabilité qui lui incombe afin de mieux gérer les ressources, les modes de productions et de consommations tout ayant le souci de préserver l'environnement. Autrement dit, qu'on soit de simples citoyens, faisant partis d'associations, d'entreprises, de gouvernements ..., la nécessité d'adapter nos comportements et nos actions est primordiale. Par conséquent, nous, en étant des architectes, en plus de devoir assurer le confort des usagers dans les projets que l'on conçoit, la réflexion de réduire les impacts négatifs de ces derniers sur l'environnement tout en se souciant de le préserver constitue un enjeu majeur. Nous parlons ainsi, d'architecture durable.

---

<sup>63</sup> [https://www.eduki.ch/fr/doc/dossier\\_2\\_dd.pdf](https://www.eduki.ch/fr/doc/dossier_2_dd.pdf). Consulté le 21/01/2019.

### II.3.1.3. Architecture durable

L'architecture dite durable est toute conception architecturale ayant pour préoccupation majeure : le respect de la nature et la préservation de l'environnement d'une part, l'assurance d'une convivialité sociale et la bonne gestion économique des projets d'autre part. Cette architecture est apparue afin d'atteindre les objectifs du développement durable concernant le domaine du bâtiment. Elle reste cependant une vaste discipline qui a fait émerger par la suite plusieurs concepts qui lui sont relatifs, tels que : l'architecture verte, l'architecture écologique et notamment le retour à l'architecture bioclimatique.

### II.3.2. Architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique, composée du préfixe : « Bio » : faisant référence à la vie, la biologie et au sens large à la nature, et du suffixe "climatique" faisant référence aux conditions climatiques d'un lieu, est une architecture qui essaye de rapprocher au maximum ses occupants des conditions de confort en tirant le meilleur parti du site (le climat et le microclimat, la géographie et la géomorphologie).

Tout cela, en ayant le souci de vivre en symbiose avec son environnement, en s'y intégrant et en le respectant. Ceci l'inscrit amplement donc dans les principes de l'architecture et du développement durable.<sup>64</sup>

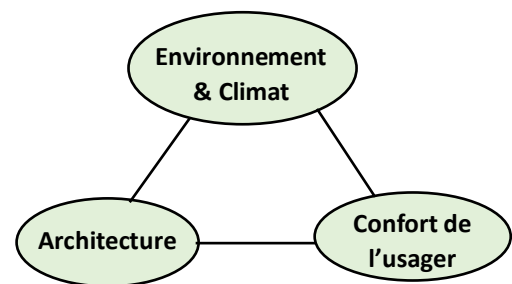


Fig. II. 75: L'architecture bioclimatique.  
Source : Auteurs.

#### II.3.2.1 Histoire

Les prémices des préceptes de l'architecture bioclimatique remontent à l'antiquité, Vitruve aborde dans son traité « De Architectura » la nécessité d'adapter les maisons au pays et au climat dans lesquels elles sont conçues. Principes que l'on retrouve aussi dans l'architecture vernaculaire qui prend en considération le climat et utilise des matériaux locaux pour la construction. Durant le XXe siècle, différents concepts s'y rapprochant voient le jour tel que l'architecture solaire durant les années 1960, l'architecture écologique durant les années 1970, l'architecture durable depuis le rapport Brundtland... toutes en réactions à une problématique environnementale dans le but de préserver la planète, d'économiser les énergies fossiles et de limiter les émissions de gaz à effet de serre pour ralentir le réchauffement climatique. C'est ainsi qu'émerge l'architecture bioclimatique qui est en quelque sorte un retour à l'architecture vernaculaire mais avec la science et la technologie de notre siècle.

<sup>64</sup> Alain Liébard, André De Herde, « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », Éd. Le Moniteur. Paris 2005, P 147.

### II.3.2.2. Objectifs et enjeux

En plaçant l'occupant à son centre d'intérêt et en considérant son environnement comme source principale de confort, l'architecture bioclimatique n'existe que dans l'objectif d'essayer de répondre à des exigences de confort de vie et des confort d'ambiance de la manière la plus naturelle possible, en utilisant le moins possible les moyens techniques mécanisés ou à base d'énergies non renouvelables afin de réduire les consommations énergétiques. L'objectif à atteindre est donc d'obtenir la meilleure composition entre climat, bâtiment et confort de l'occupant, notamment le confort thermique.<sup>65</sup>

### II.3.3. Le confort thermique

#### II.3.3.1 Notions du confort thermique

Le confort, en général, est défini comme le degré de désagrément ou de bien-être produit par un ensemble d'interactions entre l'individu et l'environnement (conditions ambiantes) qui l'entoure.<sup>66</sup>

La qualité de vie à l'intérieur de l'espace dépend souvent, en premier lieu, de l'appréciation thermique ressentie par les occupants où ces derniers sont considérés comme un élément du système thermique.<sup>67</sup>

Le confort thermique est ainsi défini comme un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par les échanges thermiques entre le corps et l'environnement.<sup>68</sup>

Une bonne compréhension de ce confort nous renvoie à mieux connaître les différents aspects qui y sont liés : l'aspect physiologique, l'aspect physique, l'aspect psychologique et l'aspect sensoriel. C'est le prochain point abordé.<sup>69</sup>

#### II.3.3.2. Aspects du confort thermique

##### a) Aspects physiologiques

L'homme dispose d'un système dynamique de thermorégulation qui permet de contrôler et de réguler les échanges de chaleur interne et externe de son propre corps, afin de maintenir les températures du corps à leurs valeurs de consigne (autour de 36.7°C).<sup>70</sup>

---

<sup>65</sup> Alain Liébard, André De Herde, Op.cit., P 147.

<sup>66</sup> Esteban Emilio Montenegro Iturra. « *Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique.* » Thèse de doctorat Faculté des études supérieures de l'Université Laval. Canada. 2011. P164

<sup>67</sup> Cantin, R. et al. « *Complexité du confort thermique dans les bâtiments* » in actes du 6<sup>ème</sup> congrès européen de science des systèmes, tenu à Paris du 19 au 22 septembre 2005.t

<sup>68</sup> Alain Liébard, André De Herde, Op.cit., P 27b.

<sup>69</sup> K.Parson. « *Human thermal environments* ». London : 2nd édition, 2003 cite in Thellier, F. « Modélisation du comportement thermique de l'homme et de son habitat, une approche de l'étude du confort », étude réalisée à l'université Paul Sabatier de Toulouse, France. 1989. Pages 163

<sup>70</sup> ZOUZOU Abdelkrim et MOKHTARI Kamilia, « *Solutions hybrides pour maintenir le Confort Thermique et Visuel* », Mémoire master académique, 2015. P 6.

## b) Aspect Physique

Où l'homme est considéré comme une machine thermique par rapport à ses interactions d'échanges de chaleur avec son environnement sous forme de :

- **Conduction** : où la chaleur se propage à l'intérieur de la matière (du même corps solide ou même fluide liquide ou gazeux) de particule à particule.
- **Convection** : le transfert de chaleur se fait à travers un fluide et la matière solide résultant du déplacement des particules de ce fluide (air) au niveau de l'interface.
- **Radiation ou rayonnement** : transfert de chaleurs d'un corps à un autre se fait par ondes électromagnétique, mais sans contact direct.
- **Humidité** : Il s'agit d'échange par déperdition calorifique évaporatoire et respiratoire au niveau cutané et aux surfaces mouillées (lèvres, yeux, voies respiratoires). Notons que l'humidité n'a pas beaucoup d'impact sur les échanges thermiques.<sup>71</sup>

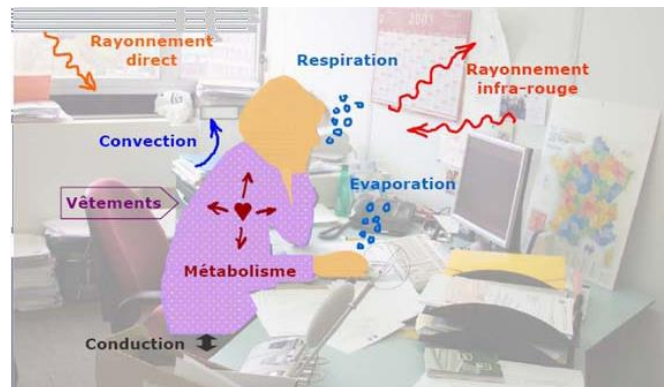


Fig. II. 76 : Interaction thermique entre le corps humain et son environnement

Source : <http://www.hqe.guidenr.fr/>

Essentiellement, les échanges thermiques s'effectuent à 50% par convection et à 50 % par rayonnement.<sup>72</sup>

Précisons que d'autres aspects avancés définissent ce confort thermique que sous la lumière d'autres paramètres tel que :

## c) Aspect psychologique

Concerne la sensation du confort éprouvé par l'individu et sa qualification des ambiances intérieures dans un environnement thermique.<sup>73</sup>

## d) Aspect sensoriel

« État d'esprit exprimant la satisfaction de son environnement. L'individu ne peut pas dire s'il veut avoir plus froid ou plus chaud ». <sup>74</sup>

Nous remarquons clairement cette spécificité subjective de la notion du confort thermique, cette notion est remise en cause par la pluridisciplinarité de l'ensemble de ces définitions et de ses aspects. Ainsi, pour mieux l'approfondir, il s'avère nécessaire d'aborder dans ce qui suit, les paramètres affectant le confort thermique

<sup>71</sup> ZOUZOU.A et MOKHTARI. K, Op.cit., P 6.

<sup>72</sup> Alain Liébard, André De Herde, Op.cit., P 223a.

<sup>73</sup> K. Parson, Op.cit., P 163.

<sup>74</sup> ISO 7730. « Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort » AFNOR, Paris. 1994

### II.3.3.3 Paramètres influençant le confort thermique

En se référant aux travaux de Fanger, la sensation du confort thermique dépend de six (06) paramètres :

#### a) Le métabolisme

Exprimé en Met<sup>75</sup>. Représente la quantité de chaleur interne produite par le corps humain permettant de le maintenir autour d'une température de 36.7 °C. Notons que nous pouvons distinguer trois niveaux de métabolisme :

- **Métabolisme de base** : nécessaire à la vie. Pour une personne « normalisée », ce métabolisme est de l'ordre de 75W.
- **Métabolisme de repos** : c'est la chaleur minimale produite dans des conditions pratiques de repos du corps, en position assise, ce métabolisme est de l'ordre de 105W
- **Métabolisme de travail** : qui dépend de l'activité physique, comme exemple le travail de bureau, ce métabolisme est de l'ordre de 105 à 140 W.

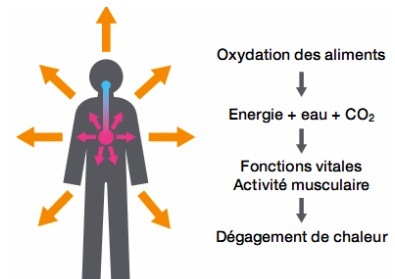


Fig. II. 77 : Le métabolisme humain  
Source : P. Chiché (2007).

#### b) L'habillement

Les vêtements permettent de créer un microclimat sous-vestimental représentant une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. La vêtue a un rôle primordial d'isolant thermique, notamment en période hivernale, elle est caractérisée par l'indice de vêtue, exprimé en Clo.<sup>76</sup> caractérisant la résistance thermique d'un vêtement.<sup>77</sup>

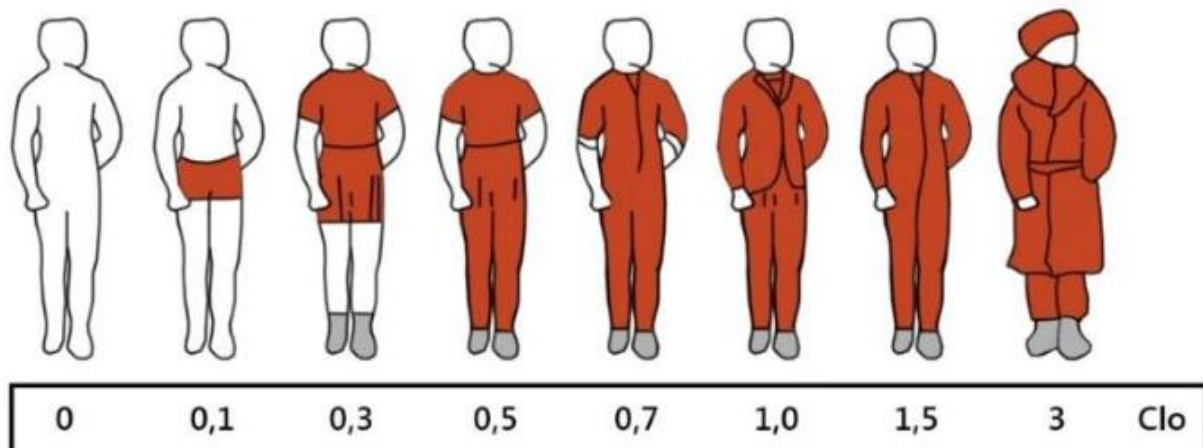


Fig. II. 78 : Valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires

Source : Sadouk Amel, « Étude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies ». P 40.

<sup>75</sup> 1 Met correspondant à l'activité métabolique d'un sujet assis au repos, 1 Met = 58 W/m<sup>2</sup>

<sup>76</sup> Clo : Unité d'isolement vestimentaire, 1 Clo = 0.155 m<sup>2</sup> °C.W<sup>-1</sup>).

<sup>77</sup> Thellier, Françoise. « L'homme et son environnement thermique – Modélisation ». Université de Paul Sabatier de Toulouse, 1999, P 65.

### c) La Température ambiante de l'Air $T_a$

Concerne les échanges par convection avec l'air ambiant. Plus de 50 % de pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant.

### d) La Température des Parois $T_p$

Influence les échanges thermiques principalement par rayonnement avec les parois, proportionnellement à leurs superficies. Ces échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35 % du bilan des pertes. Alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (<1%). De façon simplifiée, on définit une température de confort ressentie (appelée aussi température Résultante Sèche) par la formule suivante :  $\Rightarrow T_{rs} = (T_a + T_p) / 2$ .

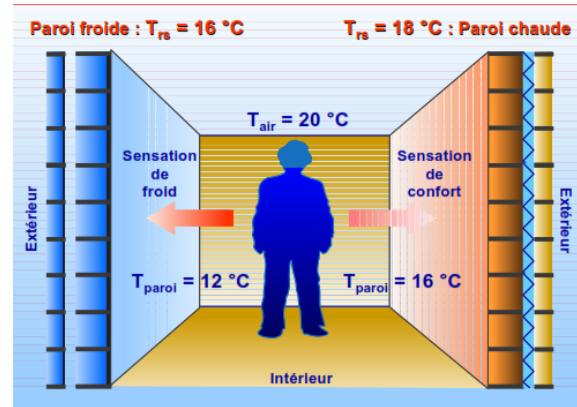


Fig. II. 79 : Température résultante sèche  
Source : A.Liébard, A. De Herde  
Traité d'architecture et d'urbanisme  
bioclimatique. (2005)

### e) L'humidité relative de l'air ( $H_r$ )

C'est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ( $T_a$ ) et la quantité maximale d'eau contenue à la même température. Cette  $H_r$  concerne les échanges thermiques par évaporation à la surface de la peau.

### f) La vitesse de l'air

Influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau. Elle intervient dans la sensation de confort thermique de l'occupant dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s : c'est en effet à partir de cette vitesse qu'un courant d'air peut être ressenti par un individu moyen.<sup>7879</sup>

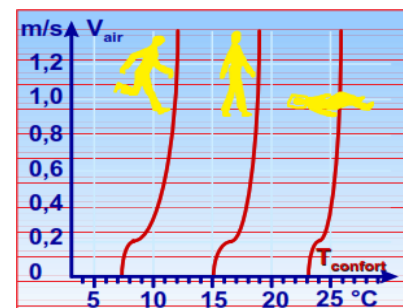


Fig. II. 80 : Températures de confort selon la vitesse de l'air  
Source : idem.

Pour conclure, nous illustrons par la figure suivante la relation existante entre les paramètres du confort thermique avec l'aspect physique des modes d'échange de chaleur.

LES 4 VARIABLES PHYSIQUES DE L'ESPACE CHAUFFÉ	LEURS LIGNES D'INFLUENCE	SUR LES TROIS MODES DE REFROIDISSEMENT DU CORPS HUMAIN
LA TEMPÉRATURE INTÉRIEURE DE L'AIR	1 QUAND (1) BAISSÉ (A) S'ACCELERÉ	A CONVECTION
LA TEMPÉRATURE DES SURFACES INTÉRIEURES	2 QUAND (2) BAISSÉ (B) S'INTENSIFIE	B RAYONNEMENT
HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR	3 QUAND (3) BAISSÉ (C) S'ACCELERÉ	C EVAPORATION
VITESSE DU MOUVEMENT DE L'AIR	4 QUAND (4) AUGMENTÉ (C) S'ACCELERÉ QUAND (4) AUGMENTÉ	(A) S'ACCELERÉ

Fig. II. 81 : Paramètres du confort thermique et de l'aspect physique des modes d'échanges de chaleur.  
Source : M. Frenot & al (1979).

<sup>78</sup> Alain Liébard, André De Herde, Op.cit., P 27a.

<sup>79</sup> Benjeddou Omrane ;Jedidi, Malek, La thermique du bâtiment. P 14.

## II.3.4 Principes et démarches d'architecture bioclimatique

### II.3.4.1 Principes de l'architecture bioclimatique

#### a) Implantation et intégration au site

En Tirant parti du terrain s'il est en pente, par l'enterrement d'une partie du projet et ainsi profiter de l'inertie thermique de la terre : les déperditions seront réduites en hiver et le projet bénéficiera d'un rafraîchissement en été.



Fig. II. 82: Maison « Malator » semi enterrée, Pays de Galles  
Source : Future Systems.

#### b) Orientation et agencement des espaces

S'orienter selon l'axe Est-Ouest est synonyme de dégager des grandes façades exposées au Sud de profiter des apports solaires durant toute la journée. Le zonage thermique par la conception des espaces les plus utilisés au Sud et les espaces tampons au Nord permettra de faire des économies d'énergie.

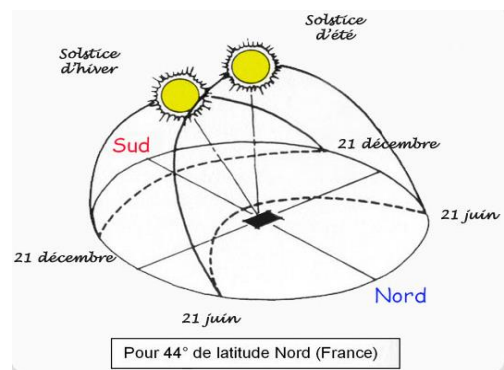


Fig. II. 83: Course apparente du soleil en hémisphère Nord  
Source : energieplus-lesite.be

#### c) Forme et configuration architecturale

Plus une forme est compacte, moins il y'a de surface de l'enveloppe en contact avec l'extérieur et donc moins il y'a de risque de déperditions thermiques. Tandis qu'une configuration fragmentée est à privilégier pour la ventilation en milieu chaud et humide. Divers effets liés au vent et à la configuration architecturale existent

<p><b>EFFET VENTURI</b></p>	<p><b>Effet De Trou</b></p>	<p><b>Effet De Coin</b></p>	<p><b>Effet Tourbillon</b></p>
<p>Phénomène de collecteur formé par des constructions dessinant un angle ouvert au vent</p>	<p>Phénomène d'écoulement dans les passages sous immeuble reliant l'avant du bâtiment en surpression et son arrière en dépression</p>	<p>Phénomène d'écoulement aux angles des constructions mettant en relation la zone de surpression en amont et la zone de pression latérale</p>	<p>Provoque un mouvement d'air tourbillonnaire vertical, qui plonge sur la façade exposée</p>
<p><b>Effet De Sillage</b></p>	<p><b>Effet De Wise</b></p>	<p><b>Effet De Liaison</b></p> <p><math>a \geq h</math></p>	
<p>Circulation tourbillonnaire en aval des formes. Le sillage intègre l'effet de coin.</p>	<p>Entre deux immeubles, crée un effet de sillage dû au premier combiné avec l'effet tourbillon de la tour située après</p>	<p>La disposition entre deux tours voisines crée un couloir de liaison entre elles,</p>	

Fig. II. 84: Divers effets de vent suivant la configuration architecturale

Source : Auteurs.

#### d) Matériaux et couleur des parois

Les matériaux à utiliser dans les bâtiments sont les matériaux qui se chauffent lentement et se refroidissent lentement : cette caractéristique est déterminée par les valeurs de la chaleur spécifique. A ceci s'ajoute les valeurs de conductivité thermique pour caractériser les matériaux isolants. La couleur des parois influe aussi sur le degré d'absorption et sur la capacité à emmagasiner la chaleur.

Couleur	Coefficient d'absorption
<i>Matériaux</i>	
- Béton brut	0.6
- Plâtre	0.07
- Brique rouge	0.55
- Ardoise	0.89
<i>Peintures à l'huile</i>	
- Noire	0.90
- Blanc cassé	0.33
- Gris clair	0.55
- Rouge	0.74
- Jaune paille	0.45
<i>Peintures cellulosiques</i>	
- Bleu foncé	0.91
- Marron	0.79
- Vert	0.79
- Orange	0.41
- Rouge foncé	0.57
- Blanche	0.12

Fig. II. 85: Coefficient d'absorption selon la couleur de la paroi.  
Source : luminex.ch

#### II.3.4.2 Démarches bioclimatiques

L'architecture bioclimatique est constamment à la recherche de moyens de chauffer, de rafraîchir et de ventiler naturellement, le plus passivement possible, en ayant recours aux énergies renouvelables cela pour assurer le confort d'hiver et le confort d'été grâce à deux stratégies :

##### a) Stratégie du chaud

Pour profiter au maximum des apports solaires passifs en hiver, l'architecture bioclimatique doit remplir les fonctions suivantes :

- **Capter** : les rayonnements solaires et les transformer en chaleur. Ce captage dépend du climat, de l'orientation, de la nature des matériaux...
- **Stocker** : dans la masse (dalles, plafonds et parois intérieures) grâce à l'inertie thermique du bâtiment.
- **Conserver** : par l'isolation et l'étanchéité de l'enveloppe et de ses parois qui limiteront les déperditions thermiques.
- **Distribuer et réguler la chaleur** : répartir la chaleur et pour cela, l'aménagement intérieur est très important, tandis que la régulation est assurée de manière passive par l'inertie thermique des matériaux et par la ventilation.

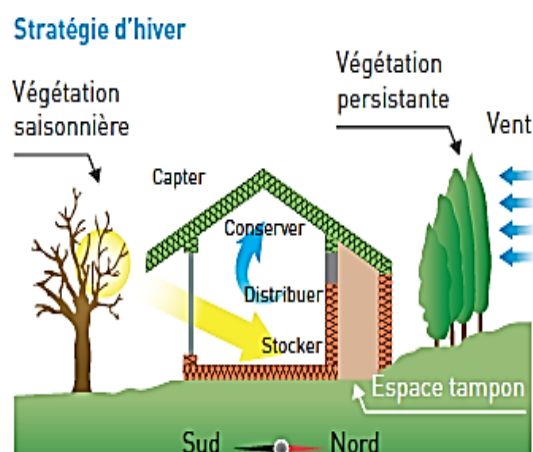


Fig. II. 86: Stratégie du chaud  
Source : eie-na.org

Ces quatre étapes sont indispensables pour exploiter le gisement solaire de manière passive et assurer le confort d'hiver.

## b) Stratégie du froid

Il ne faut pas que les dispositions prises pour le confort d'hiver deviennent une source d'inconfort en été. Le confort d'été répond à la stratégie du froid :

- **Se protéger** : du rayonnement solaire et des apports de chaleurs, et ceci par des masques et des protections solaires naturels (arbres à feuillage caduc...) ou artificiels (débord de toiture...) au niveau de la façade Sud.
- **Minimiser** : Les apports internes afin d'éviter une surchauffe des locaux due aux occupants et aux équipements.
- **Dissiper** : La chaleur en excès par la ventilation naturelle.
- **Refroidir naturellement** par la ventilation, l'évaporation...

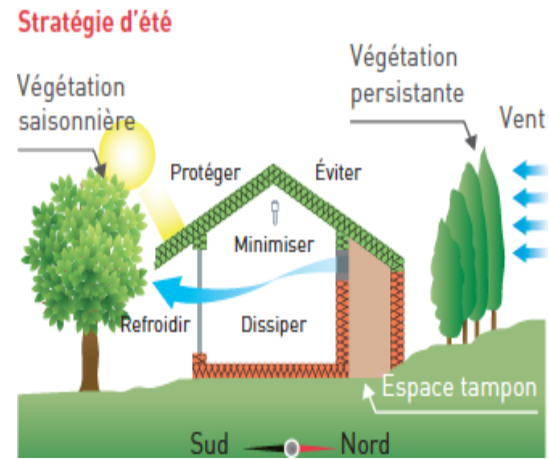


Fig. II. 87: Stratégie du froid  
Source : eie-na.org

Ces quatre étapes sont nécessaires pour rafraîchir naturellement et éviter les surchauffes en période estivale.

### II.3.4.3 Procédés bioclimatiques

Les procédés bioclimatiques représentent les différentes techniques mises en place depuis la conception et pendant l'exploitation pour utiliser les énergies renouvelables dans le but d'assurer le confort thermique et atteindre une certaine efficacité énergétique. Ces dispositifs peuvent être passifs ou actifs, optimisés ou pas par de nouvelles technologies.

#### a) Procédés bioclimatiques passifs

Ces procédés sont mis en place dès la conception du projet, de la stratégie d'implantation des bâtiments jusqu'au choix des matériaux qui composent leurs enveloppes. Ces dispositifs de chauffage, de protection et de ventilation sont naturels et ne nécessitent pas d'équipements spéciaux pour exploiter l'énergie. Ils sont essentiellement basés sur les principes de base exposés précédemment et peuvent être classifiés en procédés permettant d'assurer le confort d'hiver ou le confort d'été.

##### ➤ Confort d'hiver

Pour assurer le confort d'hiver, divers procédés passifs basés sur la stratégie du chaud énoncées ci-dessus peuvent être utilisés :

### • Murs Capteurs-Accumulateurs

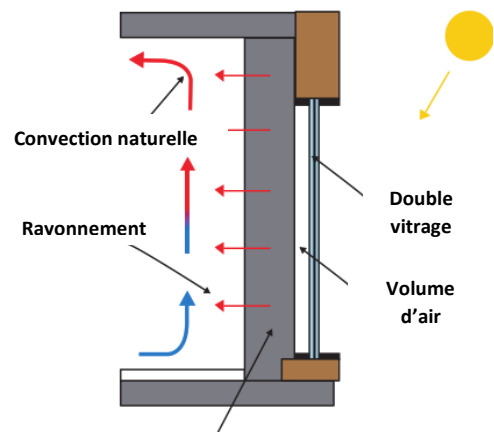
Le mur capteur accumulateur est un système placé en façade sud permettant une valorisation maximale de l'énergie solaire captée. Il est composé d'une paroi massive au-devant de laquelle est placé un vitrage distant de 4 à 10cm. Ce dernier laisse traverser le rayonnement solaire, pour être capté et stocké par le mur lourd sous forme de chaleur se déplaçant par conduction à l'intérieur de celui-ci, pour ensuite être émise progressivement par rayonnement vers l'intérieur de la construction, avec un « déphasage de restitution d'énergie »

### • Mur Trombe

C'est un mur qui en plus de se baser sur les principes du mur capteur dispose d'ouvertures modulables sur le haut et le bas du mur en maçonnerie, permettant un transfert thermique entre l'espace intérieur et la lame d'air par « thermo-circulation ». Ce procédé est généralement disposé en façade Sud et permet d'optimiser le captage calorifique passif en période froide.

### • Façade Double Peau

Une façade double peau est une façade composée de deux parois, une première peau, extérieure totalement vitrée et une seconde peau, intérieure, partiellement vitrée (et donc partiellement opaque), elle applique le même principe que la serre mais sans proposer de surface exploitable. Elle est intéressante pour les orientations proches du Sud et permet d'améliorer le captage calorifique en période froide de manière passive, tout en permettant la ventilation de l'espace entre les deux parois en période chaude par l'ouverture de clapets bas et hauts.



Mur en béton

Fig. II. 88: Principe du mur capteur-accumulateur

Source : <http://cedric.despax.free.fr>

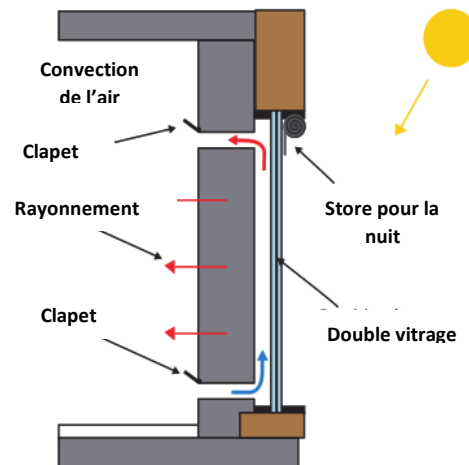


Fig. II. 89: Principe du mur trombe

Source : <http://cedric.despax.free.fr>

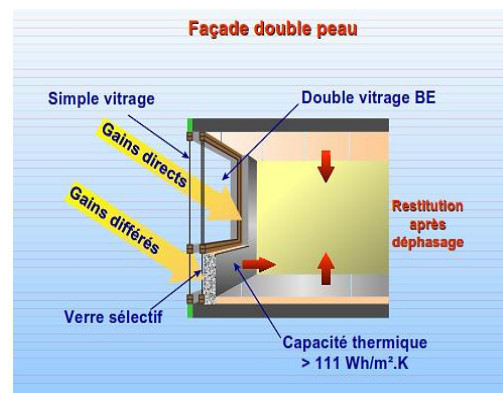


Fig. II. 90: Principe d'une façade à double peau

Source : A.Liébard, A. De Herde. Op.cit.

- **Serre bioclimatique**

La serre bioclimatique est un volume vitré capteur séparé de l'espace intérieur proprement dit par une paroi. C'est un espace tampon qui favorise le captage du rayonnement solaire, ce rayonnement est transformé en chaleur par effet de serre et se retrouve piégé dans l'espace tampon. En période froide, cette chaleur est diffusée vers l'intérieur par des orifices situés en haut de la paroi.

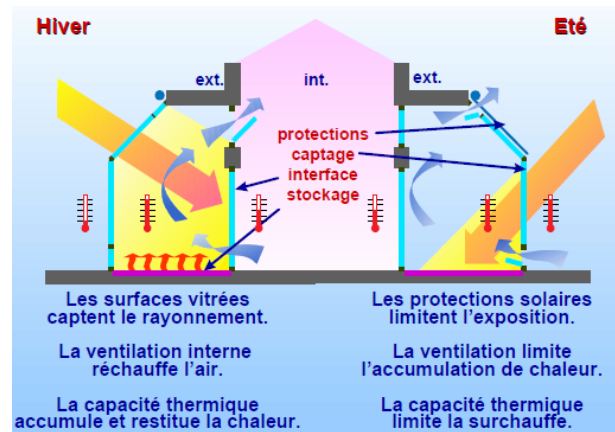


Fig. II. 91: Serre bioclimatique  
 Source : A. de Herde, A. Liebard. Op.cit.

- **Puits Canadiens**

Dispositif exploitant l'inertie thermique de la terre qui dispose d'une température constante à une certaine profondeur, cette température est relativement chaude en hiver et permet ainsi de chauffer passivement les espaces intérieurs. Une entrée d'air capte de l'air frais et le fait passer dans une canalisation enterrée, l'air se réchauffe relativement par échange thermique avec la terre avant d'être injecter aux différents espaces.

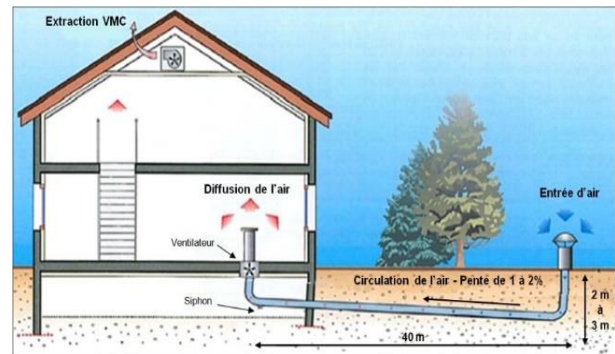


Fig. II. 92 : Principe du puits canadien  
 Source : architecturebois.fr

- **Confort d'été**

Pour assurer le confort d'été, divers procédés passifs basés sur la stratégie du froid énoncées ci-dessus peuvent être utilisés, ces derniers reposent essentiellement sur la protection solaire et la ventilation naturelle :

- **Les protections solaires**

Les protections solaires désignent l'ensemble des éléments architecturaux et dispositifs fixes ou amovibles, horizontaux ou verticaux permettant de se protéger des rayonnements solaires directs non désirés notamment en période estival tels que les brises soleils, les stores amovibles, les persiennes, les auvents...

Les protections horizontales sont utiles en façade Sud, les rayons solaires étant très hauts (proches de la vertical) une grande partie de la journée. Tandis que les protections verticales sont conseillées pour les orientations Est et Ouest, les rayons étant plus latéraux par ces orientations ci.

### - Débords de toiture et brises soleils horizontaux

Protection solaire fixe horizontale, cet élément permet de se protéger des rayons solaires estivaux lorsque le soleil est haut, tout en laissant passer les rayons hivernaux lorsque ce dernier est plus bas.

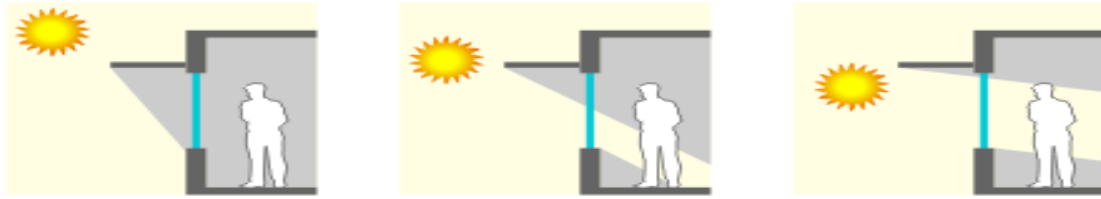


Fig. II. 93: Brise-soleil horizontal  
Source : [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)

### - Brises soleils verticaux

Ces protections solaires peuvent être fixes ou orientables, elles sont généralement disposées en façade Est ou Ouest pour intercepter les rayons solaires du matin et de la fin d'après-midi et ainsi limiter les risques de surchauffe durant les journées estivales et l'éblouissement.



Fig. II. 94: Brise-soleil verticaux  
Source : [archzine.fr](http://archzine.fr)

### - Doubles toiture ventilée

Dispositif de protection solaire qui protège la toiture d'un bâtiment des rayons solaires directs grâce à une seconde toiture espacée de la première de quelques centimètres. L'air chauffé entre les deux toitures ressort directement par convection naturelle.

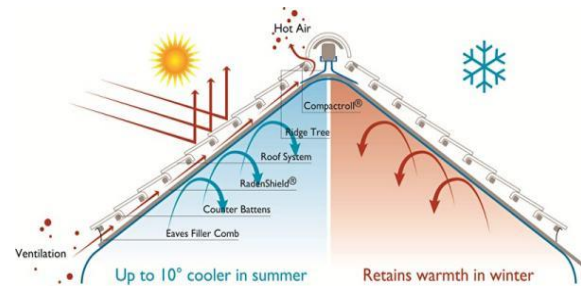


Fig. II. 95: Double toiture ventilée  
Source : <https://solingen.cat/>

### - Stores anti-chaueur

Stores filtrant, anti-UV, composés de fils polyester à haute résistance enduit avec du PVC (technologie breveté). Ce tissu est capable de bloquer jusqu'à 92% des rayons UV. Ces stores améliorent la réflexion des rayons solaires, réduisent la transmission et leur tissu absorbe les UV.



Fig. II. 96: Store anti-chaueur en polyester  
Source : [Stores-et-rideaux.com](http://Stores-et-rideaux.com)

- **Rafraîchissement passif par ventilation naturelle**

Pour rester dans l'optique d'une efficacité énergétique et d'un confort thermique optimal, la ventilation naturelle est la meilleure stratégie à suivre pour atteindre ces objectifs, notamment pour un site dont l'été est chaud et humide tel que l'Ex-Habitat. Différents systèmes permettent de ventiler naturellement :

- **Par effet de vent (Ventilation transversale)**

Un mouvement d'air est créé par différence de pression ou de température entre deux parois d'un bâtiment. Ce mouvement assure l'injection et la distribution de l'air frais dans les espaces intérieurs et l'extraction de l'air chaud. Cela est généralement dû à l'exposition d'une façade à la force du vent.

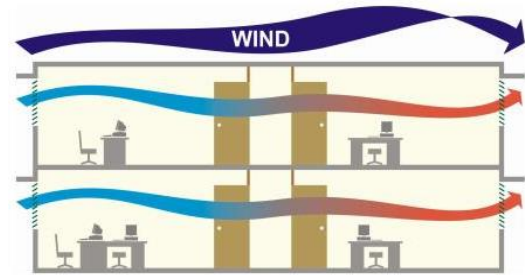


Fig. II. 97: Ventilation par effet de vent  
Source : Guidebatimentdurable.brussels

- **Par thermo-circulation**

Lorsque la température augmente, l'air « prend plus de place » dans un même volume, il devient moins dense, plus léger et de ce fait il monte. Cette circulation de l'air chaud et de l'air froid est appelée la : Thermo-circulation de l'air. C'est un phénomène qui favorise la ventilation naturelle dans le bâtiment. L'air frais est injecté par des orifices bas, tandis que l'air chaud est extrait par des orifices hauts.

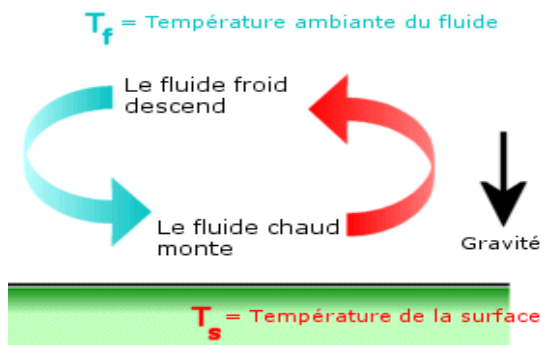


Fig. II. 98: Thermo-circulation des fluides.  
Source: Help-Solidworks.com

- **Captage par tour à vent**

La tour à vent est un dispositif permettant de capter les vents frais puis de les injecter et les distribuer dans des espaces intérieurs pour les ventiler naturellement. Des ouvertures au sommet de la tour orientées vers le sens des vents dominants font offices d'amenées d'air.

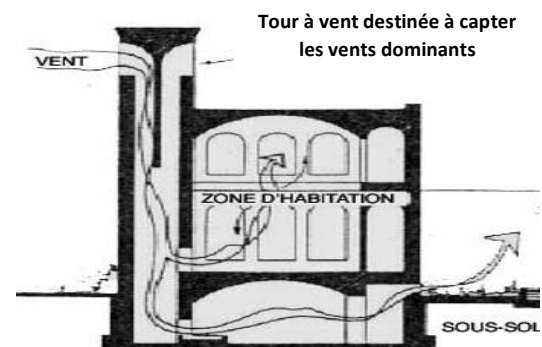


Fig. II. 99: Tour à vent  
Source : Detailsdarchitecture.com

### - Captage par puits provençal

Dispositif exploitant l'inertie thermique de la terre qui dispose d'une température constante à une certaine profondeur, cette température est relativement fraîche en été et permet ainsi de rafraîchir passivement les espaces intérieurs. Une entrée d'air capte de l'air frais et le fait passer dans une canalisation enterrée, l'air se rafraîchit relativement par échange thermique avec la terre avant d'être injecté aux différents espaces.

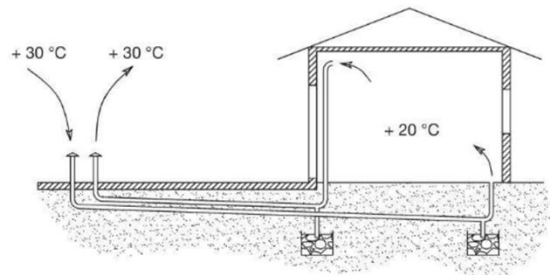


Schéma de principe d'un puits climatique à double flux.

Fig. II. 100: Principe du puits provençal  
Source : energieplus.be

### b) Procédés bioclimatiques actifs

Ces dispositifs servent à compléter les procédés passifs lorsque ces derniers ne suffisent pas pour assurer le confort dans certaines parties d'un projet. Des équipements spéciaux exploitent et transforment les énergies renouvelables en énergie électrique ou calorifique.

#### • Panneaux Solaires Hybrides

Cet équipement combine panneau solaire photovoltaïque et panneau solaire thermique, il transforme l'énergie solaire en électricité tout comme il réchauffe un fluide caloporteur pour chauffer eau sanitaire et chauffage actif.

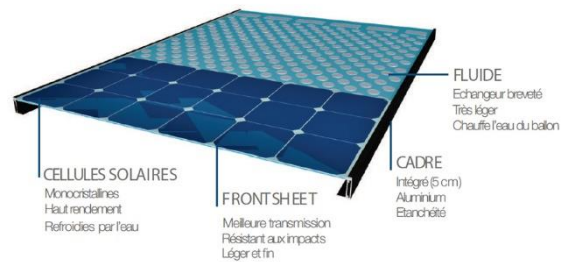


Fig. II. 101: Panneaux solaires hybrides  
Source : Lemoniteur.fr

#### • Planchers réversibles

Ce dispositif permet de chauffer en période froide et de rafraîchir en période chaude grâce à un fluide caloporteur préalablement chauffé ou refroidi circulant le long des planchers. Ce dispositif peut être associé aux panneaux solaires pour générer de l'énergie en chauffant ou rafraichissant les fluides.

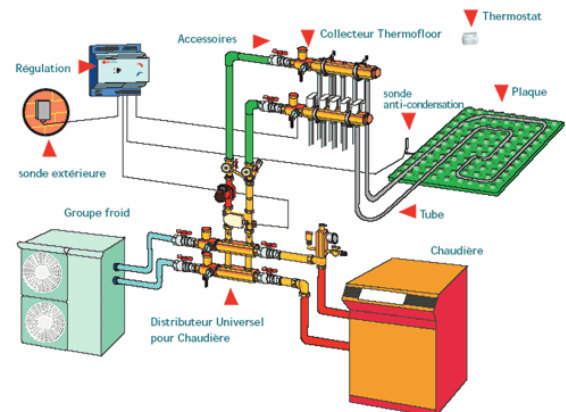


Fig. II. 102: Plancher réversible  
Source : Sherlockholmes-Quimper.com

#### • Déstratificateurs thermiques

C'est un dispositif qui permet de déplacer en ventilant l'air chaud de la partie haute vers la partie basse d'un espace, il homogénéise ainsi la température intérieure.

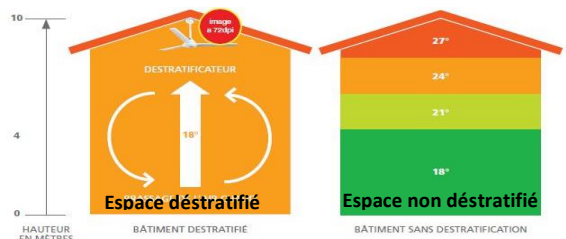
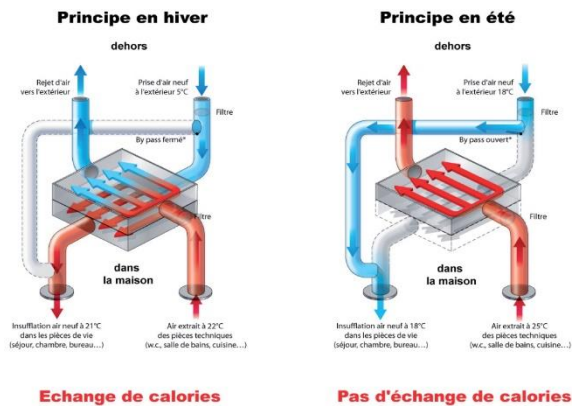


Fig. II. 103: Apport des déstratificateurs thermiques  
Source : edf.fr

- **V.M.C (Double Flux)**

La ventilation mécanique contrôlée à double flux est un procédé actif permettant de réduire la quantité d'énergie utilisée à chauffer ou rafraîchir l'air frais. Il consiste à réchauffer l'air entrant par la chaleur de l'air sortant, par le biais d'échangeurs statiques air-air.



*Fig. II. 104: V.M.C à double flux  
Source : vmc-double-flux.solutions*

- **Exploitation de l'énergie géothermique**

La géothermie est l'exploitation de la chaleur stockée dans le sous-sol. L'utilisation des ressources géothermales se décompose en deux grandes familles : la production d'électricité et la production de chaleur. Il y existe deux types de géothermie : la géothermie profonde et la géothermie de surface (60 à 100 cm dans le sol).



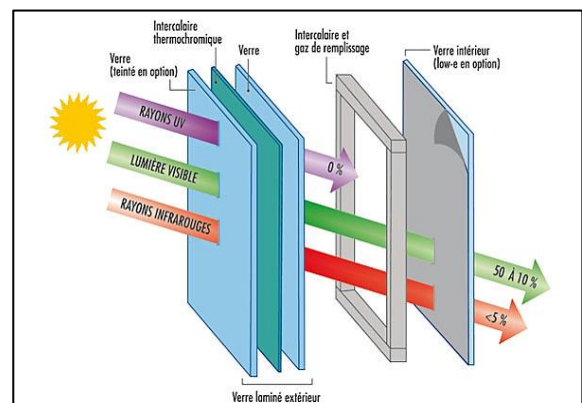
*Fig. II. 105: Exploitation de la géothermie  
Source : energies-renouvelables.com*

### II.3.4.5 Apport des nouvelles technologies

Les nouvelles technologies peuvent participer à optimiser l'aspect bioclimatique d'un projet. Leur apport peut être multiple et toucher différents éléments : performances isolantes de l'enveloppe, protection solaire, captage plus performant... on peut citer :

- **Vitrage thermochromique**

Ce dispositif est composé d'un verre permettant de réduire les gains de chaleur à l'intérieur du bâtiment, tout en y optimisant l'apport de lumière naturelle. À moins de 25°C, il se comporte comme un verre clair standard à faible émissivité ; entre 25°C et 65°C, sa teinte fonce graduellement pour atténuer le gain de chaleur à l'intérieur du bâtiment sans intervention humaine ou électrique.



*Fig. II. 106: Vitrage thermochromique.  
Source : Voirvert.ca*

- **Matériaux à changement de phase**

Un MCP est un matériau capable de changer d'état physique dans une plage de température restreinte. Cette plage est grossièrement située entre 10 °C et 80 °C. Dans cet intervalle de température, le changement de phase prépondérant est la fusion/solidification. Dans le bâtiment ces matériaux sont utilisés pour réguler la température intérieure indépendamment de l'environnement extérieur. Le MCP stocke de l'énergie en chaleur latente, jusqu'à atteindre une température de fusion et changer d'état, une fois que la température intérieure baisse et atteint le seuil de solidification du MCP, ce dernier se solidifie et transmet sa chaleur à l'espace intérieur. Les MCP généralement utilisés dans le bâtiment sont les acides gras (organiques) tel que l'huile de coprah, l'huile de coco hydrogénée, l'huile de pamiste...

- **Domotique & smart projets**

La domotique désigne les techniques de l'électronique, de l'automatisme, de physique du bâtiment, de l'informatique et des télécommunications utilisées dans les bâtiments qui permettent de centraliser le contrôle des différents systèmes et sous-systèmes d'un projet (chauffage, volets roulants...). La domotique vise à répondre à des besoins de confort (gestion d'énergie, optimisation de l'éclairage et du chauffage), de sécurité et de communication.

L'ensemble de ces procédés a pour but d'assurer le confort thermique des usagers mais aussi de minimiser les consommations d'énergie fossiles dans le bâtiment.

### PRINCIPE DES MATERIAUX A CHANGEMENT DE PHASE

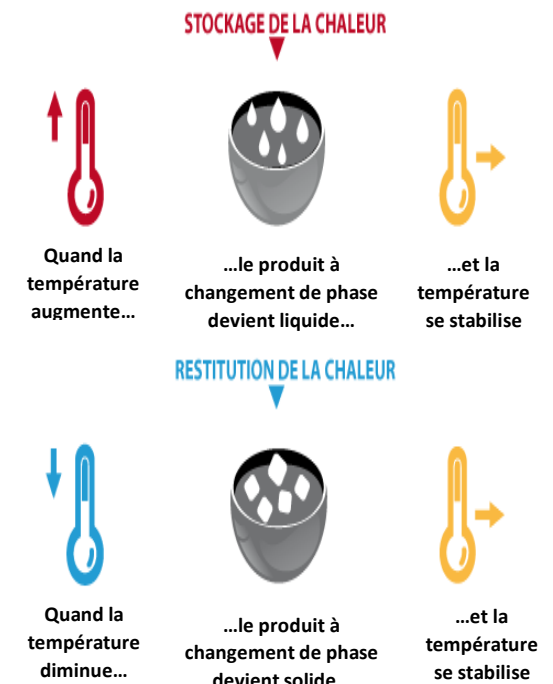


Fig. II. 107: Principe des matériaux à changement de phase

Source : Winco-tech.com



Fig. II. 108: Domotique (smart house).

Source : engadget.com

## II.3.5. Efficacité énergétique dans le bâtiment

### II.3.5.1. Définition et histoire

La population mondiale ne cesse d'augmenter, selon les prévisions : la population urbaine atteindra les 66% de la population mondiale en 2050. Bien évidemment cette croissance est accompagnée par plusieurs conséquences et exigences : la plus signifiante est celle de satisfaire les besoins en termes d'énergie. Le défi à relever est d'établir un système pour lequel la consommation d'énergies fossiles est minimisée pour un rendement maximal, c'est la définition accordée à l'efficacité énergétique.<sup>80</sup>

Cette dernière concerne ainsi plusieurs secteurs, dont trois principaux qui partagent la consommation énergétique mondiale à savoir : l'industrie avec une consommation de 51.7% en 2012, les transports avec 26.6% et le bâtiment (l'ensemble résidentiel et tertiaire) avec 21.7%<sup>81</sup>

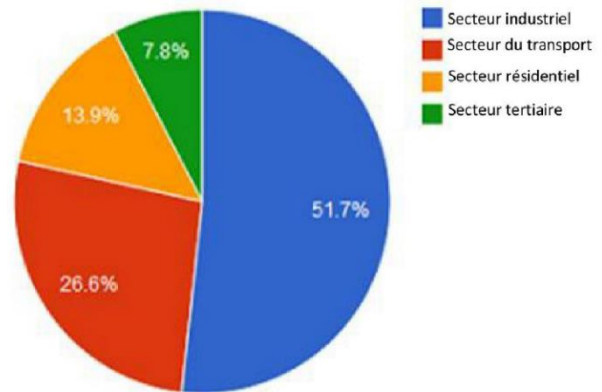


Fig. II. 109 : Consommation énergétique par secteur (2012)

Source : Thomas Net News 2014

Etant dans le domaine de l'architecture, nous allons nous concentrer sur l'efficacité énergétique dans le bâtiment :

En effet, satisfaire les besoins de croissance démographique en termes de construction d'infrastructures, d'équipements et de logements est intimement lié à une surconsommation importante d'énergie dans ce secteur, au point de représenter aujourd'hui plus d'un cinquième de la consommation mondiale. C'est ainsi que la problématique de l'efficacité énergétique dans le bâtiment est nait.

Les études ont prouvé que la consommation énergétique dans le secteur du bâtiment peut être classée en 02 phases :<sup>82</sup>

- La phase hors utilisation : comprend l'énergie grise, dépensée pour l'acquisition des matières premières, la fabrication des matériaux, la construction et la démolition. Elle représente de 10 à 20 % de l'utilisation totale.
- La deuxième phase est celle de l'exploitation du bâtiment ; où les plus grandes quantités d'énergies sont consommées pour créer un environnement intérieur confortable par le chauffage, la climatisation et l'éclairage, elle constitue ainsi les 80 à 90 % restants

<sup>80</sup>[https://fr.wikipedia.org/wiki/Efficacit%C3%A9\\_%C3%A9nerg%C3%A9tique\\_\(%C3%A9conomie\)#cite\\_note-DefUE-1](https://fr.wikipedia.org/wiki/Efficacit%C3%A9_%C3%A9nerg%C3%A9tique_(%C3%A9conomie)#cite_note-DefUE-1).

<sup>81</sup>Sadouk Amel, « Étude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies : Cas des établissements d'enseignements moyen et secondaire à Tizi-Ouzou », P 9.

<sup>82</sup>Sadouk.A, idem, P 11.

A présent, une question s'impose autour de la source de cette énergie, les recherches démontrent que le gaz et l'électricité sont les ressources principales, utilisées à 80 % pour des fins thermiques (chauffage, eau chaude, cuisson) et à 20 % d'usages spécifiques de l'électricité (éclairage, électroménager, audiovisuel).

Notons aussi que cette énergie peut aussi être assurée par d'autres sources, mais à échelle très réduite, tel que : le charbon et le pétrole.

Ainsi, nous nous rendons compte que la source prépondérante pour produire de l'énergie se focalise sur les énergies fossiles (Couvrant aujourd'hui environ 87 % de la consommation énergétique mondiale). Une source d'énergie qui va droit vers l'épuisement.

En effet, les réserves sont estimées à 47 ans de consommation pour le pétrole, 60 ans pour le gaz et 167 ans pour le charbon.<sup>83</sup>

Ceci dit, l'énergie est un besoin élémentaire dans le domaine du bâtiment, et l'assurance des différentes ambiances de confort soit par chauffage, climatisation et l'éclairage se basent grandement sur des énergies fossiles. Or, l'épuisement progressif de ces dernières, pose des questions concernant la durée à laquelle elles peuvent satisfaire ces besoins. La situation est d'autant plus grave car la consommation intensive de ces énergies fossiles est une source des nuisances environnementales auxquelles est soumise la planète. En effet, « *Les bâtiments et la construction contribuent directement et indirectement à nos grands problèmes environnementaux. Les bâtiments sont de terribles consommateurs et générateurs de déchets, et le processus industriel utilisé dans la manufacture des matériaux des bâtiments et des équipements contribue aussi aux déchets et à la pollution* ». <sup>84</sup>

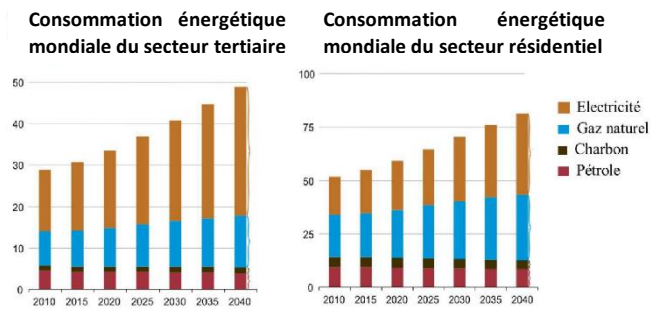


Fig. II. 110: Perspective d'évolution de la demande d'énergie du secteur tertiaire et résidentiel dans le monde  
Source : US Energy Information Administration 2013

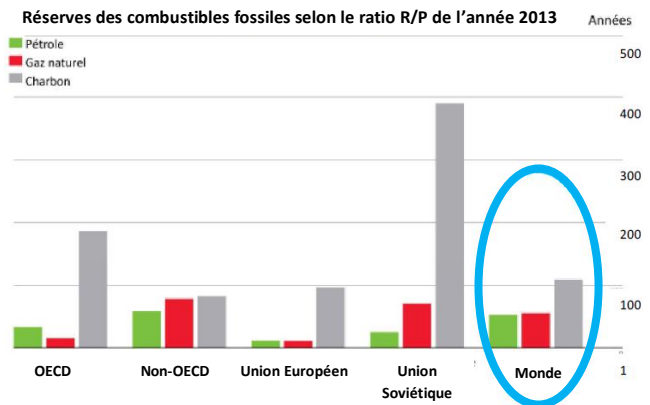


Fig. II. 111: Estimations des combustibles fossiles selon le ratio Réserve/Production actuelle de l'année 2013  
Source : British Petroleum, 2014)

<sup>83</sup> Meritet Sophie, « L'état énergétique du monde », dossier pour la science N°69, Novembre 1999.

<sup>84</sup> Mendler S., Odell W., 2000.

Ainsi, une prise de conscience est née : celle de réduire la consommation d'énergie sans provoquer une diminution du niveau de confort ou de la qualité du service dans les bâtiments : c'est l'efficacité énergétique dans le domaine du bâtiment.<sup>85</sup>

La solution commence à émerger : c'est le recours aux énergies renouvelables afin de faire face au caractère non durable des énergies fossiles d'une part, et de réduire l'impact de pollution de ces derniers sur l'environnement d'autre part.

Surnommée aussi énergie intelligente, cette dernière se base sur une « utilisation rationnelle de l'énergie », visant à réduire les gaspillages et les consommations inutiles et à diminuer les coûts (directs et indirects) écologiques, économiques et sociaux induits par la production, le transport et la consommation d'énergie.<sup>86</sup>

### II.3.5.2. Leviers d'efficacité énergétique

Pour atteindre l'efficacité énergétique on peut jouer sur deux leviers :

- Diminuer les besoins relatifs au bâti par une meilleure isolation entre autres.
- Améliorer les équipements techniques du bâtiment et leur gestion.<sup>87</sup>

### II.3.5.3. Energies renouvelables

L'énergie renouvelable surnommée aussi « énergie verte » est une source d'énergie qui est renouvelée naturellement selon un cycle relativement court à l'échelle humaine. Ces dernières sont qualifiées aussi « d'énergies de flux » vu qu'elles sont constituées de gisements régénérables contrairement aux énergies fossiles qui sont constituées de gisements limités de combustibles fossiles (pétrole, charbon ; gaz, uranium).

L'intérêt apporté à ces énergies est le fait qu'elles soient :

- Gratuites, inépuisable et respectueuse de l'environnement ;
- Exploitable sans rejeter des déchets ou d'émissions polluantes ;
- Préserve les énergies fossiles et les autres ressources précieuses à des utilisations plus valorisantes.

On distingue cinq ressources d'énergie renouvelables : L'énergie solaire (thermique et photovoltaïque), l'énergie hydraulique, l'énergie éolienne, la biomasse et l'énergie géothermique.



Fig. II. 112: Les énergies renouvelables.  
Source : Lemonedelenergie.com

<sup>85</sup>Sémit C.A., 2008

<sup>86</sup>Meritet Sophie, Op.cit.

<sup>87</sup> FIEEC (Fédération des industries électriques, électroniques et de communication), « Vers un bâtiment durable : les équipements et solutions d'efficacité énergétique » [En ligne] disponible sur : <https://www.fieec.fr>, consulté le 26.05.2019

La question qui se pose maintenant : où en est notre pays (l'Algérie) en termes de recours aux énergies renouvelables, c'est abordé dans le prochain point.

#### II.3.5.4. Modèle d'efficacité énergétique en Algérie

C'est qu'en 1987 qu'une prise de conscience de la nécessité d'établir une politique d'efficacité énergétique émerge en Algérie. Pays, qui s'appuie quasi totalement sur les ressources fossiles et qui se base sur les rentrées économiques de l'exportation du pétrole et du gaz naturel pour financer ses diverses activités économiques. L'Algérie connaît une importante diminution de ces rentrées en subissant de plein fouet l'évènement du choc pétrolier en 1986.<sup>88</sup>

Pour faire face à cela, une politique énergétique a été établie se reposant sur 04 instruments :<sup>89</sup> « L'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie » (APRUE) créée en 1987, accompagnée par un cadre réglementaire assuré par la loi de 09-99 relative à la maîtrise d'énergie<sup>90</sup> ; un fonds national pour la maîtrise de l'énergie, des mesures d'incitation et d'accompagnement et enfin un « programme national de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique » (PNEREE 2016).

Ce programme a pour objectif d'installer une puissance d'origine renouvelable de près de 22000 MW entre 2011 et 2030 et de réaliser des économies d'énergies de l'ordre de 63 millions de Tep à l'horizon 2030 pour l'ensemble des secteurs. Les actions majeures de ce programme en terme d'efficacité énergétique portent sur :<sup>91</sup>

- L'isolation thermique des bâtiments & une meilleure performance dans l'éclairage ;
- La promotion du chauffe-eau solaire et de la climatisation solaire ;
- La promotion de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel ;
- La promotion du GPL/C et du GN/C (carburants plus disponibles et moins polluants)

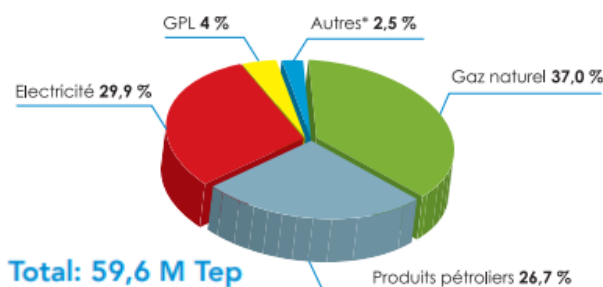


Fig. II. 113: Consommation finale par source d'énergie/ 2017  
Source : Ministère de l'énergie, Bilan énergétique 2017

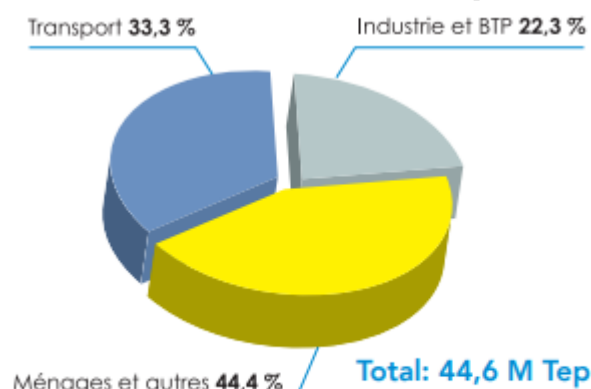


Fig. II. 114: Structure de la consommation par secteur / 2017

Source : Ministère de l'énergie, Bilan énergétique 2017

<sup>88</sup> IDDRI, « Regard sur la terre 2008 – biodiversité : nature et développement ».

<sup>89</sup> Idem.

<sup>90</sup> JORA, 1999 : Journal officiel de la république Algérienne n° 51 du 02/08/1999

<sup>91</sup> Ministère de l'énergie, Programme National de développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique, 2016 [En Ligne], disponible sur : <http://www.energy.gov.dz/> consulté le 26.05.2019.

L'APRUE, placé sous la tutelle du Ministère de l'Énergie et des Mines, et selon le nouveau programme d'efficacité énergétique 2016 a pour missions :

- La coordination et l'animation de la politique nationale de maîtrise de l'énergie ;
- La mise en œuvre et le suivi du Programme National de Maîtrise de l'Énergie (PNME) ;
- La sensibilisation et la diffusion de l'information sur la maîtrise de l'énergie en direction des différentes cibles (grand public, professionnels, milieu scolaire...) ;
- Le montage de programmes et de projets en partenariat avec les secteurs concernés.<sup>92</sup>

Afin de matérialiser ce dernier point, l'APRUE, collabore avec un ensemble d'organismes et d'entreprises économiques où chacun s'intéresse aux divers points se rapportant à son secteur.

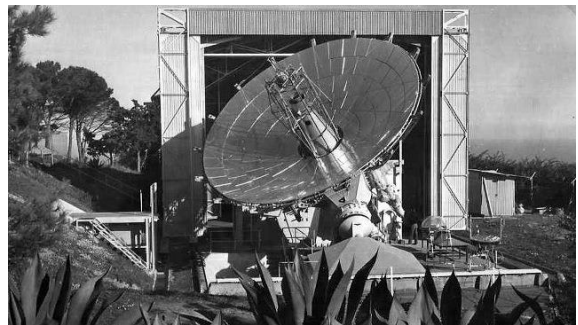
#### a) CDER

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.<sup>93</sup> Composé de 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).

Il se charge d'élaborer et de mettre en œuvre les programmes de recherche et de développement des systèmes énergétiques exploitant les énergies renouvelables.

Le CDER, depuis sa création en tant qu'un Institut de l'énergie solaire de l'Université d'Alger (IESUA) de 1959 à 1962, assure jusqu'à aujourd'hui la continuité des activités scientifiques dans le domaine des Energies Renouvelables. Ses missions se résument en :



*Fig. II. 115: Projet de construction de l'Héliodyne entre 1952 et 1954*

*Source : cder.dz*

- Montage de projets pilotes de Recherche et de Développement dans le domaine des Energies Renouvelables ;
- Certification, normalisation et standardisation des équipements de conversion des Energies Renouvelables ;
- Expertises et le consulting en Energies Renouvelables ;
- Formation spécialisée ou à la carte dans le domaine des Energies Renouvelables.

<sup>92</sup> <http://www.aprue.org.dz/presentation.html>.

<sup>93</sup> <https://www.cder.dz/spip.php?rubrique225>

## b) CNERIB

Le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment, est chargé principalement d'impulser et favoriser l'assimilation, la maîtrise, le progrès des sciences et techniques ainsi que l'innovation technologique et de développement des matériaux, produits, matériels et procédés dans le domaine de la construction.<sup>94</sup> Ses missions consistent en :



Fig. II. 116: Projet d'habitation bioclimatique pilote, CNERIB, 2010.  
Source : <http://www.cnerib.edu.dz>

- Influence de la réhabilitation thermique sur l'efficacité énergétique des bâtiments d'habitations en Algérie ;
- Optimisation de la ventilation naturelle et mécanique dans une maison d'habitation ;
- Développement d'un programme numérique de calcul thermique des bâtiments ;
- Monitoring des paramètres de confort thermique des logements à haute performance énergétique (HPE).

Nous venons de voir ainsi dans les points précédents la nécessité d'avoir recours aux énergies renouvelables et d'actionner le levier d'efficacité énergétique et ceci dans les différents secteurs notamment dans celui du bâtiment. Ceci a fait émerger des démarches environnementales consacrées au domaine du bâtiment : c'est les labels Energétiques.

### II.3.6. Démarches Environnementales et labels énergétiques

#### II.3.6.1. Définitions et histoire

Un label énergétique est le moyen de certifier aux maîtres d'ouvrages que leurs bâtiments (construits, réhabilités ou rénovés) répondent à des seuils de performances énergétiques spécifiques, supérieurs à ceux imposés par la réglementation thermique en vigueur. Dans le domaine du bâtiment, ils concernent notamment les performances énergétiques auxquelles elles peuvent être associées au respect et à la qualité environnementale<sup>95</sup>, à la lutte contre le dérèglement climatique, ainsi qu'à la baisse des charges des ménages et gestionnaires<sup>96</sup>

La première application d'une démarche prenant en considération la qualité environnementale des constructions a été initiée en 1993, par le Plan Construction Architecture dans le cadre du programme Écologie et Habitat.<sup>97</sup> Ceci a fait naître plusieurs labels tel que :

- Passivhaus : d'origine allemande en 1996 ;
- Minergie : d'origine suisse en 1998 ;
- Label Effinergie français : en 2006.

<sup>94</sup> CNERIB [En Ligne], disponible sur : < <http://www.cnerib.edu.dz/accueil.html> >, Consulté le : 23.01.2019

<sup>95</sup> <https://www.caue57.com/upload/collectivite/2891Leslabelsdeperf.pdf>

<sup>96</sup> Maes Pascale., Labels d'efficacité énergétique, Éd. Eyrolles, P 33.

<sup>97</sup> Idem., P 7.

### II.3.6.2 Enjeux et objectifs

Les labels malgré leurs différences, visent à satisfaire trois exigences complémentaires :

- L'obtention d'un environnement intérieur sain et confortable pour les occupants ;
- La maîtrise des impacts du bâtiment sur son environnement extérieur et la préservation des ressources naturelles grâce à l'optimisation de leur utilisation ;
- La maîtrise des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, en intégrant dès les études des seuils de performances énergétiques.<sup>98</sup>

### II.3.6.3 Différents labels énergétiques

a) **Le label Minergie** : peut s'appliquer, en neuf et en rénovation, à tout type de bâtiment : individuel, collectif, tertiaire, commercial, industriel ; hôpital, école...

Un bâtiment Minergie est caractérisé par trois principes de base :

- Enveloppe à isolation thermique renforcée et étanche à l'air ;
- Aération automatisée et économe en énergie ;
- Production de chaleur à haut rendement associée à l'utilisation d'énergies renouvelables.

b) **Le label allemand Passivhaus** : bâtiment caractérisé par trois principes de base :

- Des besoins en chauffage minimisés à l'extrême ;
- Une enveloppe très étanche ;
- Une faible consommation en énergie primaire totale.

### II.3.6.4 Pourquoi choisir HQE

C'est un concept environnemental français datant de 2004, enregistré comme marque commerciale et accompagné d'une certification « NF Ouvrage Démarche HQE » par l'AFNOR<sup>99</sup>, qui concerne le bâtiment.

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 ». Avec cette démarche les maîtres d'ouvrage disposent d'un meilleur contrôle de l'acte de bâtir en structurant leurs objectifs autour de cibles concrètes.

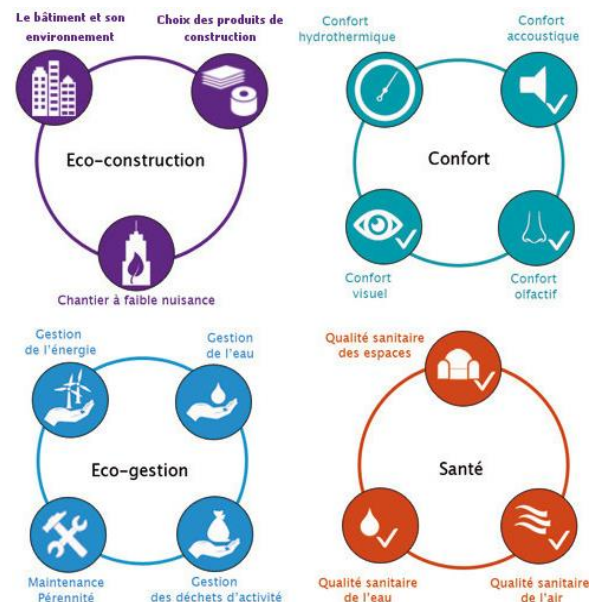


Fig. II. 117: Les 14 cibles de la démarche HQE.

Source : <https://www.vnzinc.be>

<sup>98</sup> Maes.P., Op.cit., P 7.

<sup>99</sup> AFNOR : Association Française de Normalisation.

## Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons pu acquérir les connaissances thématiques nécessaires qui nous permettront d'intervenir sur l'Ex-Habitat. Tout d'abord, l'état de l'art autour des notions de réhabilitation et d'extension nous a permis de connaître et de recenser les différentes possibilités qui s'offraient à nous, notamment les divers degrés et techniques de réhabilitation architecturale et thermique. Ces dernières s'appliqueront sur les blocs « A » et « B » pour améliorer l'image et le fonctionnement de la structure existante d'une part et d'autre part pour assurer un confort thermique intérieur durant les deux périodes : chaudes et froides.

De plus, cette étude a mis en exergue certaines exigences formelle et fonctionnelles qui se rapportent aux écoles d'architecture, des normes et des recommandations liées au confort et à la fonction qui devront être prises en considération lors de la conception. En outre, l'analyse d'exemples de références, l'ENSA de Marseille et la Faculté d'Architecture de Porto, a permis de structurer nos idées et d'enrichir notre projet par différents concepts formels et fonctionnels liés aux thèmes.

Ensuite, la troisième partie, liée aux notions théoriques du bioclimatisme et de l'efficacité énergétique qui a abouti au passage en revue de différents principes bioclimatiques ainsi que de procédés (passifs et actifs) servira de support pour le dossier bioclimatique. Ces principes seront mis en application dès le tracé des premières lignes du projet et participeront ainsi à la naissance et à la conception de ce dernier : par implantation, orientation et formalisation des divers blocs constituant le projet afin d'assurer une exploitation passive des énergies renouvelables et d'assurer le confort thermique d'une manière naturelle, passive et économe.

Pour finir, on a pu établir un programme prévisionnel basé sur tout ce qui vient de précéder, marquant ainsi, le début de la conception du projet et son idéation dans le chapitre suivant.

# Chapitre III.

## Architecture & aspect bioclimatique du projet

*« Un projet avant d'être un dessin est un processus c'est à dire un travail de réflexion basé sur la recherche des réponses d'un ensemble de contraintes liées à l'urbanisme, au site, au programme, et au thème, ce qui veut dire qu'il est difficile de dissocier le processus de création future et la phase de programmation car l'ensemble constitue l'acte de créer. »*

Richard Meier.

## Introduction

Tout processus de conception architecturale repose sur un certain nombre d'étapes qu'il faut respecter. De l'idéation à la matérialisation, en passant par la conceptualisation, l'architecte s'appuie tout d'abord sur des analyses et des études établies préalablement. La parcelle, elle-même, son contexte, le climat/microclimat et le thème sont généralement les principaux générateurs de l'architecture. Une fois les synthèses de ces études recueillies, les principes et les concepts doivent être fixés pour structurer une idée de base. Ces concepts se transforment en formes et en fonctions et le projet se concrétise peu à peu jusqu'à constituer un tout architectural cohérent, fonctionnel et confortable. Confort qui peut être optimisé par divers principes et procédés bioclimatiques pensés parallèlement à la conception.

Ainsi, dans le présent chapitre, nous exposerons en premier lieu, les diverses étapes permettant d'aboutir au dossier architectural final. En commençant par la synthétisation des données récoltées dans les chapitres précédents qui s'avéreront utiles à la conception, et ceci par la transformation des divers exigences, recommandations, potentialités, et carences tirées de ces synthétisations en un schéma de principe, servant de support de base avant de tracer les grandes lignes directrices du projet. Ce dernier sera suivi par une idée fédératrice et des concepts opératoires liés aux contextes, aux thèmes et au bioclimatisme. Ce n'est qu'à ce niveau que l'étape de matérialisation du projet peut être abordée. Elle débutera par la présentation du processus de formalisation du projet, ce dernier sera expliqué en différentes étapes aboutissant à la forme finale du projet. Par la suite, nous entamerons la description des différents aspects du projet et de ses entités d'un point de vue organisationnel, fonctionnel, esthétique et structurel. Enfin, nous exposerons le programme définitif accompagné d'un dossier graphique composé des plans architecturaux, coupes et façades.

En second lieu, nous présenterons l'aspect bioclimatique de l'ENSA-TO en commençant par relater les différentes interventions proposées dans le cadre de la réhabilitation thermique des blocs « A » et « B ». Ensuite, nous exposerons les bases bioclimatiques du projet, c'est à dire les différents principes de l'architecture bioclimatique qui ont été mis en œuvre dès l'idéation (implantation, orientation, forme...). Ceci sera suivi par les différents procédés (passifs ou actifs, dopés par de nouvelles technologies ou pas) utilisés pour permettre d'optimiser le confort thermique et d'atteindre une certaine efficacité énergétique en période froide et en période chaude. Pour finir, les différentes initiatives et techniques permettant de gérer de manière écologique l'ensemble de l'école seront présentées.

### **III.1 Synthétisation des données et création du projet**

#### **III.1.1 Récapitulatif sur le contexte global et réduit**

Le site se situe près de l'entrée Est de la ville de Tizi-Ouzou, un endroit stratégique dont l'image doit être soignée et marquée et dont la parcelle d'intervention est accessible de divers côtés offrant ainsi de multiples possibilités. L'environnement immédiat se compose d'un cadre bâti épars avec un gabarit allant de R (côté Sud) à R+9 (côté Nord), tandis que la végétation est dense et variée et participe grandement à la composition du paysage, d'où la recommandation de conserver les pins, les palmiers et arbres à feuillages caducs plantés au Sud. Le site connaît aussi un trafic routier relativement important engendrant des nuisances sonores.

La structure existante sur la parcelle d'intervention qui accueille actuellement les étudiants en Master II en Architecture de l'UMMTO est dans un état très dégradé et ne répond plus aux exigences fonctionnelles qui lui sont demandées. Une réhabilitation et une extension s'imposent, notamment pour améliorer le confort au sein des blocs A et B et optimiser la qualité et la quantité des espaces dédiés aux études de l'art et de l'architecture.

#### **III.1.2 Récapitulatif des données bioclimatiques et microclimatiques du site**

Le climat est Tizi-Ouzou est un climat méditerranéen caractérisé par un hiver pluvieux, froid et très humide, avec un été sec, chaud et moins humide avec des durées d'insolation très importantes.

En ce qui concerne les données microclimatiques de l'Ex-Habitat, on déduit à partir de l'analyse de l'ensoleillement de la parcelle qu'il faut privilégier l'implantation des blocs en zones ensoleillées toute la journée suivant un axe Est-Ouest avec une certaine distance entre chaque bloc pour maximiser le captage du soleil de manière passive. Il est aussi conseillé d'implanter des bâtiments à bas gabarits sur la partie Sud pour éviter de trop ombrager le reste de la parcelle. En outre, nous sommes ressortis avec différentes zones ombragées : certaines le sont partiellement, d'autres le sont pratiquement durant toute la journée. Ceci sera pris en considération par la suite afin de choisir minutieusement la nature des espaces qui y seront projetés selon leurs fonctions et leurs besoins en termes d'insolation.

En ce qui concerne l'analyse des vents, celle-ci a permis de constater qu'il est recommandable de concevoir le projet de telle sorte à capter les vents frais venant de l'Ouest et du Nord-Ouest de la parcelle (durant la période estivale) et de les acheminer par la suite vers des dispositifs de prétraitement et de distribution aux quatre points du projet. Tandis que du côté Sud-Ouest il faudrait se protéger des vents chauds d'été.

De son côté, l'analyse de l'humidité nous a permis de noter un fort taux d'humidité et d'en conclure qu'il est non recommandé de l'accentuer par une exagération des plans d'eaux.

### III.1.3 Récapitulatif des thématiques

Les écoles d'arts et d'architecture disposent de certaines spécificités spatiales qu'il faut connaître (Ateliers de sculpture, ateliers maquettes, matériauthèques...), avec des entités hiérarchisées (Pédagogie, diffusion, gestion...) dont les espaces ont des exigences sur le plan fonctionnel et formel tels que les surfaces, les orientations optimales, la forme.... Par exemple certaines entités nécessitent d'être situés dans une zone calme tels que les amphithéâtres.

La conception de l'organisation spatiale extérieure (distributrice) doit être bien réfléchi afin de mieux gérer les différents flux du projet. Cette conception doit assurer, en outre, la convivialité entre les étudiants mais sans perdre l'œil sur les divers comforts exigés par chaque entité. Notons que l'ensemble devra être accessible aux personnes à mobilité réduite.

### III.2 Schéma de principes

En se basant sur les recommandations tirées de l'analyse contextuelle et les exigences des thématiques conclus de l'exercice précédent, nous avons pu établir un schéma de principes servant de support de base pour tracer les grandes lignes directrices du projet.

Précisons que notre objectif de base est d'inscrire l'extension dans la continuité de la structure existante par intégration tout en apportant une touche de contemporanéité.

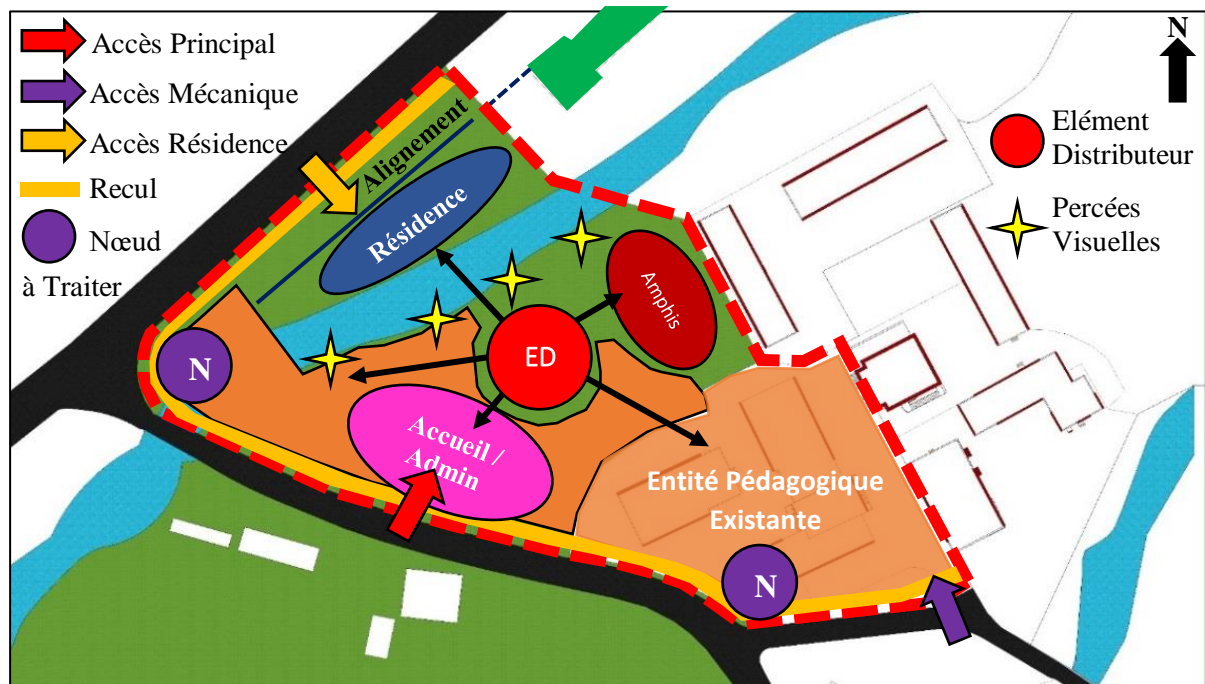


Fig. III. 1 : Schémas de Principes du projet.

Source : Auteurs.

Ainsi Trois grandes actions ont été élaborées dans notre schéma de principes :

- 1- Tout d'abord, un alignement a été fixé par rapport à la subdivision des travaux publics et des reculs par rapport aux voies (jugés trop bruyants) pour des raisons urbaines et de confort acoustique.

- 2- Par la suite, les accès au projet ont été déterminés, deux nouveaux accès sont projetés, le principal du côté sud-ouest de la parcelle, permettant de dégager une grande interface pour le projet marquant son seuil, le second dédié à la résidence, ceci se justifie par la volonté de créer une continuité urbaine du point de vue fonctionnel vu la proximité existante entre les thématiques de résidence et de logements collectifs.
- 3- Enfin, une organisation périmétrale a été choisie : cela en disposant les différentes entités et les espaces communs semi-privés autour d'un espace central distributeur afin de mieux gérer les différents flux du projet.

Après avoir établi un schéma de principes guidant notre conception, il est temps de fixer une idée fédératrice associée à des concepts opératoires qui nous permettront enfin de matérialiser tout ceci. Passons à l'idée !

### III.3 Idéation et naissance du projet

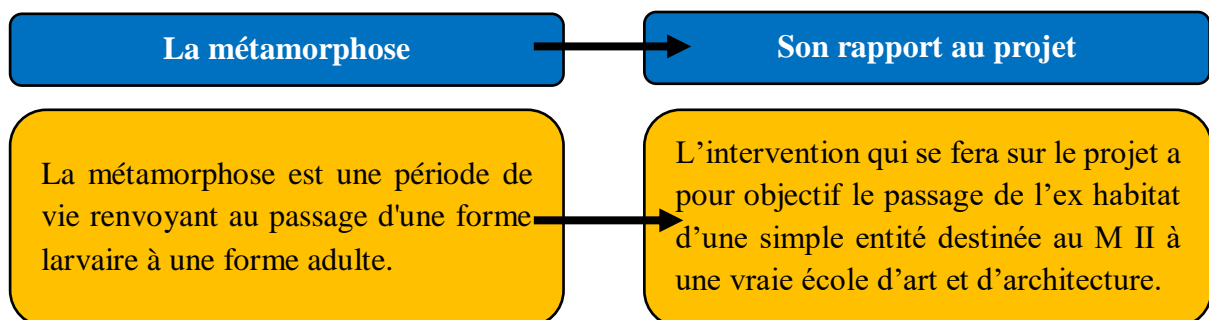
#### III.3.1 Idée fédératrice

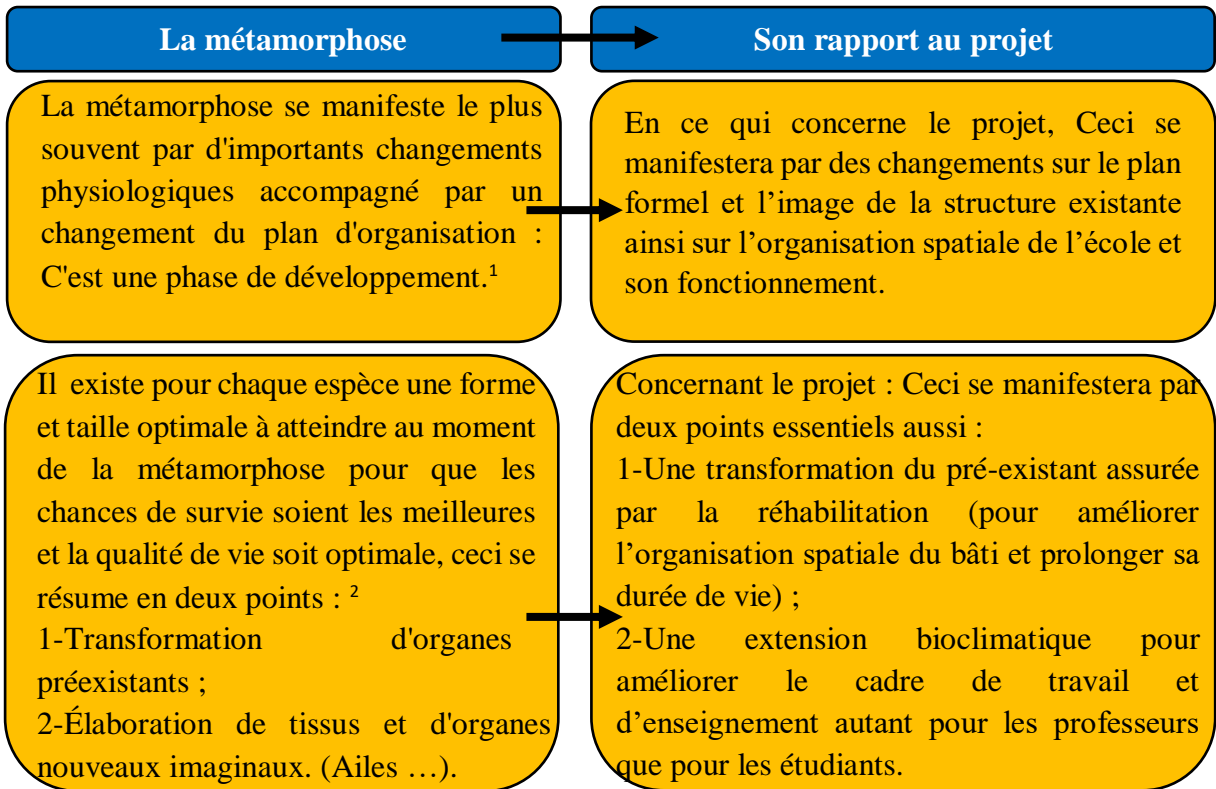
La conception de notre projet se basera sur une idée fédératrice : c'est celle de la métamorphose, cette dernière ne naît pas du hasard, elle se justifie d'elle-même en se référant au contexte et à nos thématiques :

- 1- Contexte : Nul ne peut nier l'état lamentable de notre école et de son contexte, mais malgré la situation, qui est en péril, l'idée de leur abandon ne traverse jamais les esprits car l'attachement à ces derniers est toujours présent, d'où la naissance d'une volonté de non seulement entretenir l'école ou la réhabiliter mais carrément de la métamorphoser ;
- 2- Nos thématiques ne peuvent que réclamer métamorphose elles aussi ! La structure existante, composée de deux bloc destinés à accueillir les étudiants de Master II, ne peut et ne pourra jamais constituer, seule, une vraie école d'art et d'architecture, à ceci s'ajoute l'absence des études artistiques, ce qui rend les choses plus regrettables.

Tout ceci peut convaincre, quiconque, que l'ex-habitat n'a pas besoin uniquement d'une simple réhabilitation et d'une extension mais carrément d'une vraie **METAMORPHOSE !**

#### III.3.2 Philosophie du projet





➤ Rapport entre métamorphose et l'ex-habitat



Fig. III. 2 : Processus de la Métamorphose.  
Source : <https://www.messagescelestes-archives.ca>

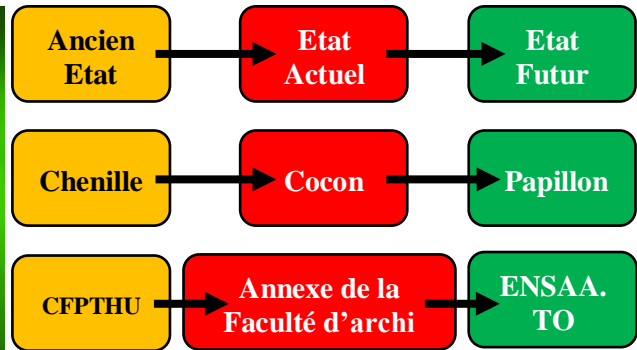


Fig. III. 3 : Rapport entre métamorphose et l'ex-habitat.  
Source : Auteurs.

**III.3.3 Concepts opératoires**

Tab.III.1 : Concepts opératoires et fédérateurs du projet.

Source : Auteurs.

Concepts liés au contexte	Concepts liés aux thèmes	Concepts liés au bio climatisme
1- Géométrie.et Axialité. 2- Faille(Perméabilité).	3- Articulation. 4- Hiérarchie.	5- Transparence (lumière). 2- Perméabilité (Ensoleillement, Ventilation).

Les concepts opératoires utilisés se réfèrent au contexte existant afin de mieux y intégrer le projet et aux thématiques dans le but de lui assurer une fonctionnalité plus réfléchie en termes d'espaces et de parcours, sans perdre l'œil sur les confort, nécessitant de faire appel à des concepts bioclimatiques. Nous exposerons dans le point suivant (genèse du projet) l'apport de ces concepts à la concrétisation du projet et la justification de leurs choix.

<sup>100</sup> Werner EE, « Amphibian metamorphosis: growth rate, pre-dation risk, and the optimal size at transformation », 1986.

<sup>101</sup> <http://nico8386.free.fr/cours/BA/Metamorphosesanimales.pdf>.

### III.4 Matérialisation du projet

#### III.4.1 Formalisation et concrétisation du projet

##### III.4.1.1 Evolution et genèse du projet (Description formelle)

###### Etape 01 : Extension par continuité

Afin de préserver la logique d'implantation de l'ex-Habitat et de valoriser cette structure existante nous avons fait appel à **La Géométrie**.

L'extension de l'ex-Habitat suivra des axes perpendiculaires inspirés de la géométrie de la structure existante. De plus, en voulant donner une image de continuité entre l'existant et l'extension, nous avons volontairement choisi de terminer le projet avec une forme en L : Le but est de le clôturer de la même manière dont il débute. (Bloc A en forme de L).

###### Etape 02 : Création de Failles (Fragmentation) et d'articulations :

Afin de briser la monotonie et la compacité du projet on fait appel au concept de fragmentation. Pour cela, on s'inspira du concept de failles de la structure existante tout en la valorisant.

Enfin, afin de satisfaire les exigences fonctionnelles et esthétiques, une fragmentation doit nécessairement être accompagnée par des articulations : Ce sont les passerelles et les volumes d'articulation projetés qui donneront une image plus homogène au projet. Cette même fragmentation a offert au projet une perméabilité (Ensoleillement et Ventilation) présentant des opportunités à exploiter et à développer par la suite dans l'approche bioclimatique.

###### Etape 03 : Projet écrasé : recours à la verticalité

Afin de casser l'horizontalité du projet on fait appel à un faux rythme vertical par un jeu de gabarits qui nous permettra de mieux s'intégrer au gabarit du contexte.



Fig. III. 4 : Extension par continuité. Vue en plan  
Source : Auteurs.



Fig. III. 6 : Création de Failles (Fragmentation) et d'articulations. Vue en plan.  
Source : Auteurs.

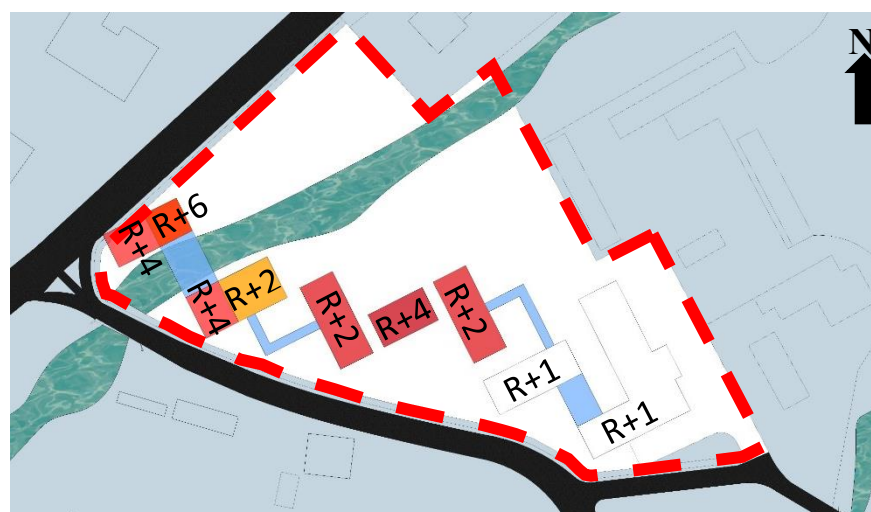


Fig. III. 8 : Projet écrasé et le recours à la verticalité. Vue en plan.  
Source : Auteurs.

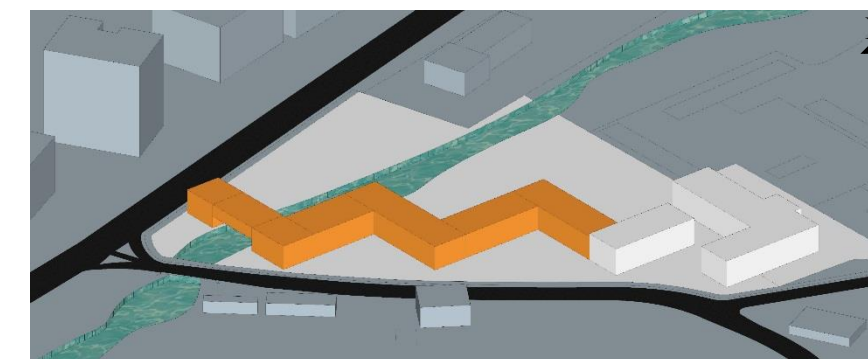


Fig. III. 5 : Extension par continuité. Vue En Perspective.  
Source : Auteurs.

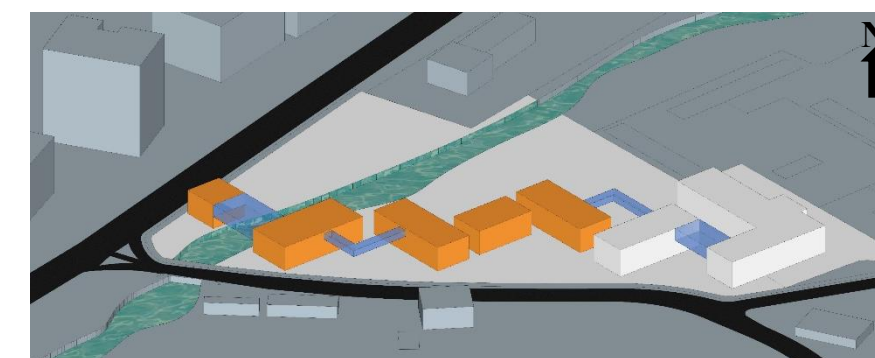


Fig. III. 7 : Création de Failles (Fragmentation) et d'articulations. Vue En Perspective.  
Source : Auteurs.

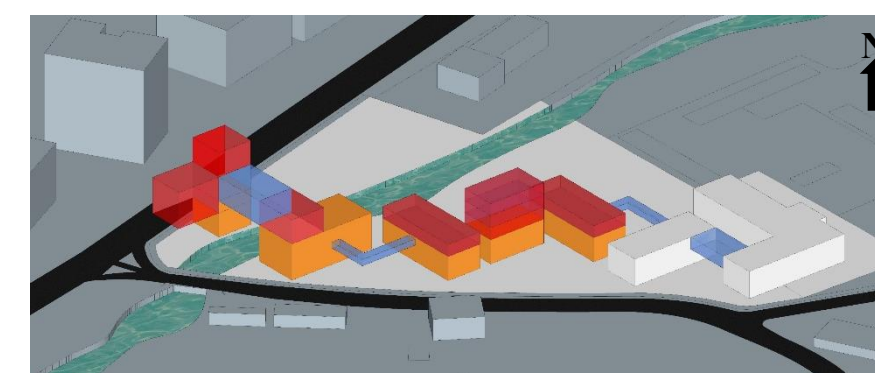


Fig. III. 9 : Projet écrasé et le recours à la verticalité. Vue en perspective.  
Source : Auteurs.

#### Etape 04 : Satisfaction des exigences fonctionnelles

Pour satisfaire les exigences qualitatives et quantitatives du projet, l'entité des amphis et de la résidence seront projetées à leur tour selon une logique d'implantation périmétrale, qui est un de nos principes de départ, en dégagant un espace central distributeur qui, d'une part favorise l'introversion et d'autre part assure la convivialité entre étudiants.

Ces deux entités seront conçues suivant la même logique des concepts cités auparavant (Fragmentation, failles et articulations).

#### Etape 05 : Apport du Bioclimatisme à la conception du projet

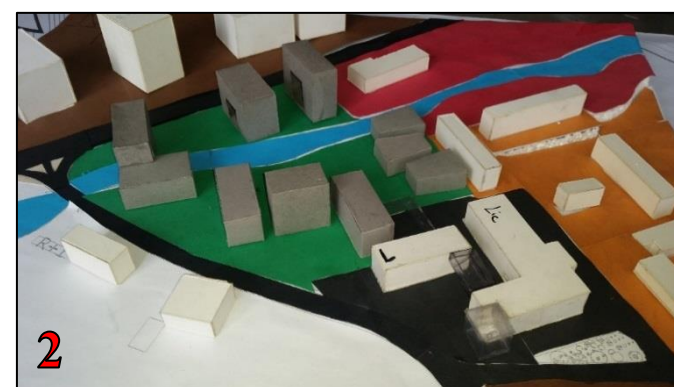
Pour cela nous avons fait appel à :

- a- **Serre Bioclimatique** : De plus de jouer son rôle du côté bioclimatique, elle marque le seuil de notre projet ;
- b- **Tour à vent** : En plus d'assurer le captage des vents et de la chaleur, cet élément vertical participe autant à casser l'horizontalité du projet qu'à créer un élément d'appel et de repère.

#### ➤ Evolution Volumétrique



- Formalisation des bases du projet.
- Constatation des carences par rapport aux articulations des blocs du projet.



- Projection de passerelles d'articulations.
- Proposition d'une nouvelle tentative formelle plus homogène au côté Nord-Ouest du projet.
- Absence d'éléments articulant les deux extrémités du projet.



- Projection d'une serre regroupant les deux extrémités du projet et d'un élément vertical cassant l'horizontalité du projet.
- Entité résidentielle à développer du point de vue formel.



- Résolution des carences de l'entité résidence et passage à l'échelle du 1/200.
- Remplacement des passerelles par des volumes d'articulations pour une meilleure homogénéité architecturale et visuelle du projet.

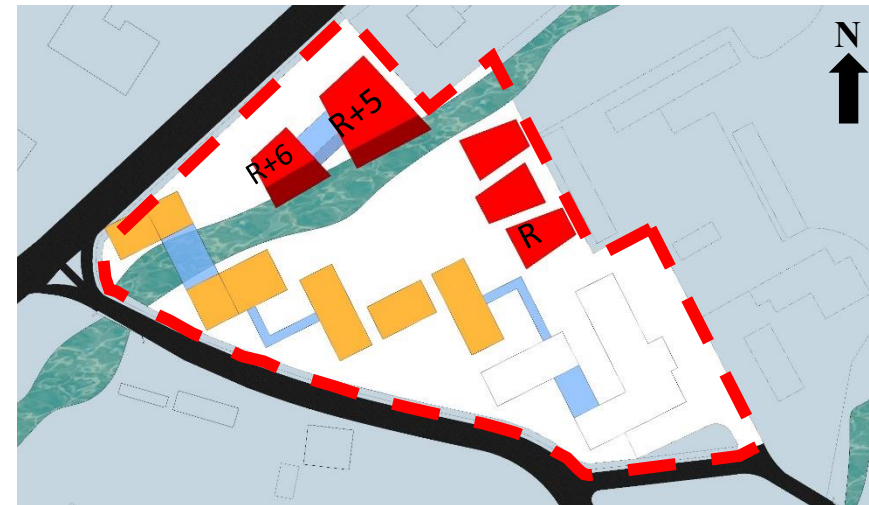


Fig. III. 10 : Satisfaction des exigences fonctionnelles. Vue en plan.  
Source : Auteurs.



Fig. III. 12 : Apport du Bioclimatisme à la conception du projet. Vue en plan.  
Source : Auteurs.

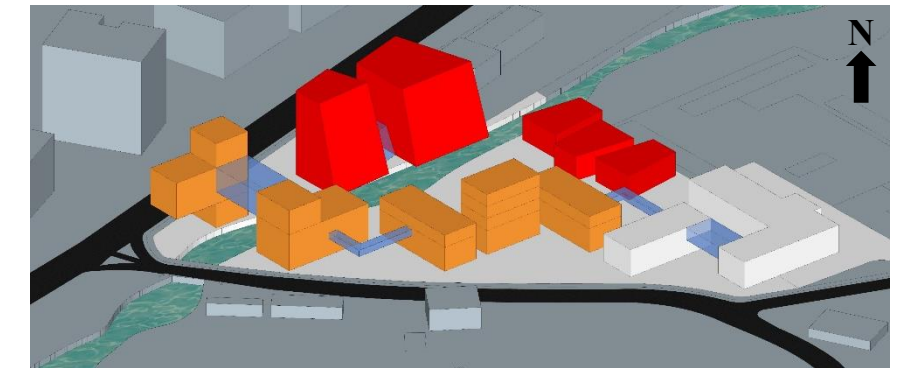


Fig. III. 11 : Satisfaction des exigences fonctionnelles. Vue en perspective.  
Source : Auteurs.

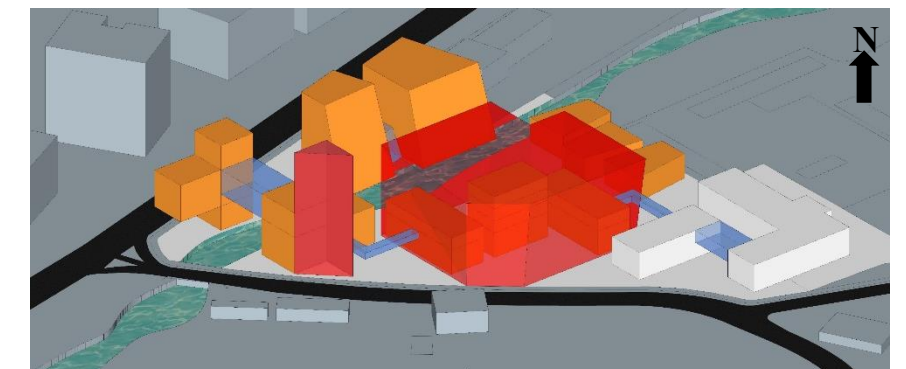


Fig. III. 13 : Apport du Bioclimatisme à la conception du projet. Vue en perspective.  
Source : Auteurs.

### III.4.2 Description des différents aspects du projet

#### III.4.2.1. Description fonctionnelle du projet

##### a) Affectation fonctionnelle des différents blocs du projet

À présent nous exposons le fonctionnement du projet.

En prenant en considération : le parcours de l'étudiant durant sa formation (Cycles de : Licence-Master –Doctorat) et en se basant sur le concept d'Hierarchie, nous avons pu concrétiser cela à travers l'affectation des différentes fonctions aux blocs projetés précédemment. Ceci, suivant la croissance des gabarits des entités pédagogiques du projet en allant de R+1 à l'extrémité Est (dédiée à l'entité Licence) vers R+6 à l'extrémité Ouest du projet (dédiée à l'entité Doctorat) de manière alternée.

L'espace de restauration et de la boutique associative sont conçus de telle sorte à créer une liaison fonctionnelle avec la partie pédagogique, tout en leurs assurant une accessibilité depuis la partie centrale intérieur du projet favorisant l'intimité et la convivialité en même temps.

##### b) Description des parcours des usagers

Le concept d'hierarchie fut appelé encore afin de mieux gérer les différents flux. L'utilisateur doit obligatoirement passer par des espaces semi-publics (Parvis- Serre) et semi-privés (Placettes ...) avant d'atteindre sa destination (ateliers, salle de cours ...).

Par contre, un accès privatif a été conçu pour les doctorants et les chercheurs en respectant la même logique d'hierarchie précédente (Passage par un espace semi-privé avant d'atteindre l'entité privative).

Concernant les résidents, l'accès vers les blocs résidentiels est précédé par un espace semi privé (Jardins partagés).

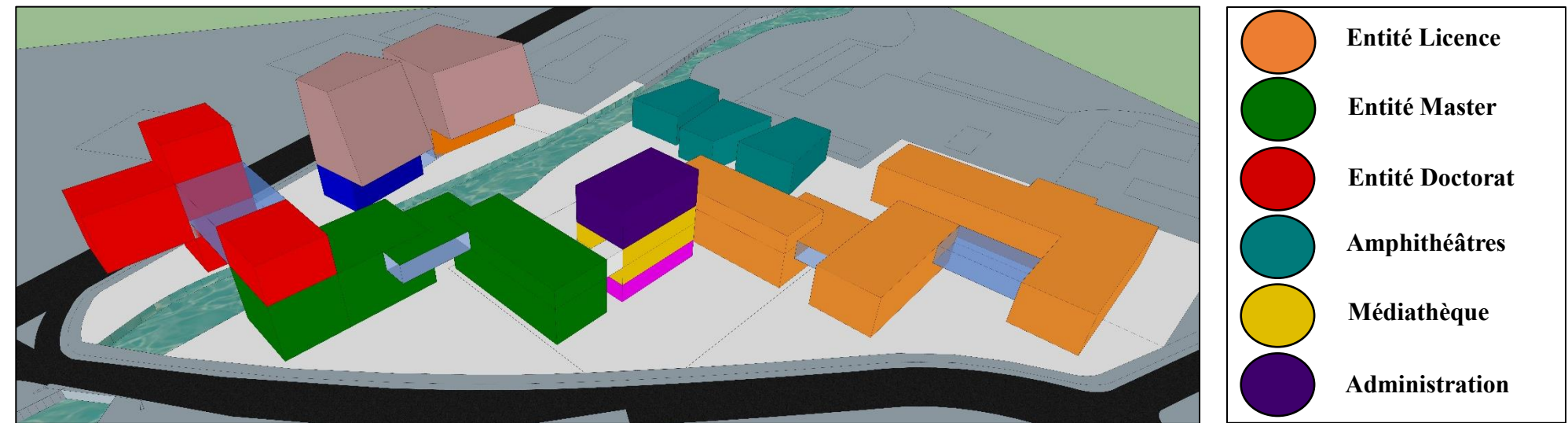


Fig. III. 14 : Affectation fonctionnelle des blocs du projet. Source : Auteurs.

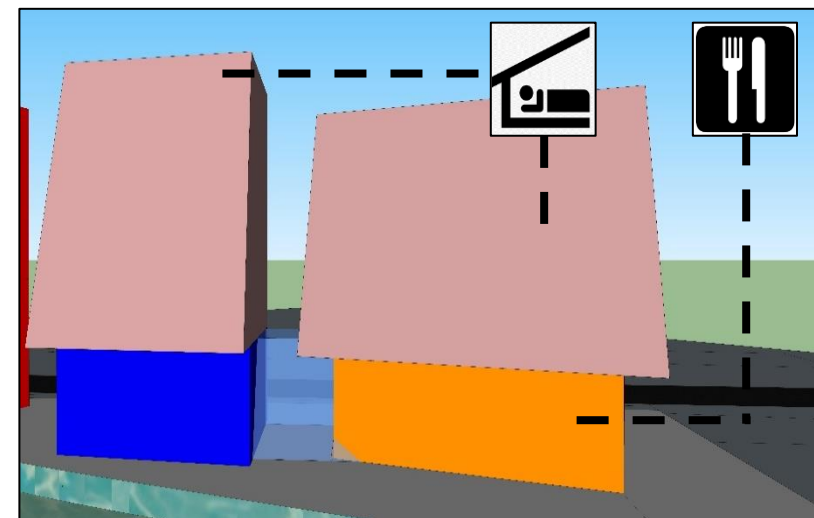


Fig. III. 15 : Différentes entités projetés au sein des blocs résidentiels. Source : Auteurs.

A partir des conclusions tirées de l'analyse micro climatique du site concernant les zones ensoleillées et ombragées de la parcelle, nous avons affecté diverses fonctions aux espaces : en effet :

- Les zones ensoleillées : accueilleront les blocs composant le projet afin de profiter de l'énergie solaire directe passivement.
- Les zones totalement ombragées : recevrons les espaces ne nécessitant pas d'être chauffés (parkings : Etudiants/Enseignants, résidents ...).
- Les zones partiellement ombragées : accueillerons par contre, les espaces communs aux étudiants (Placettes ...).

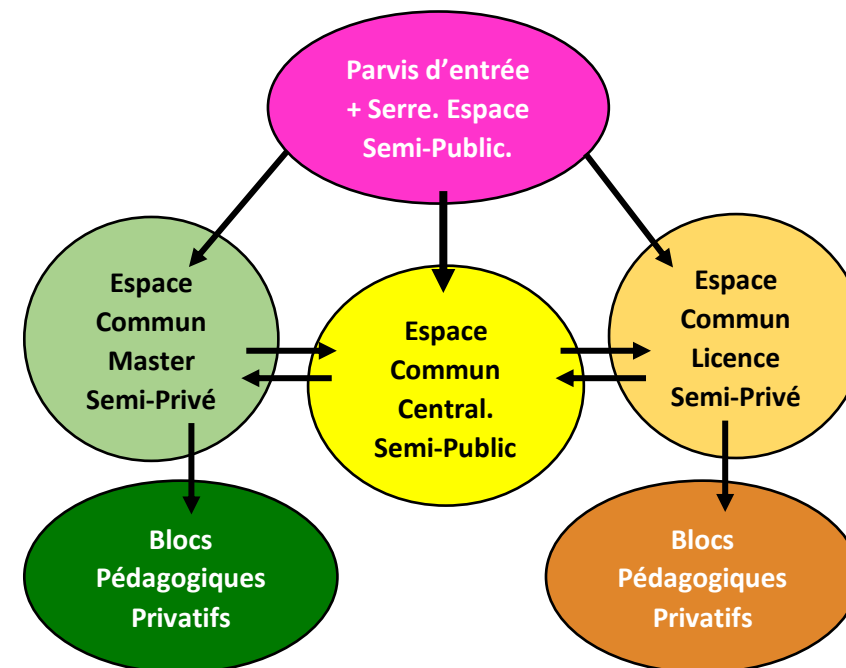


Fig. III. 16 : Organigramme fonctionnel du projet. Source : Auteurs.

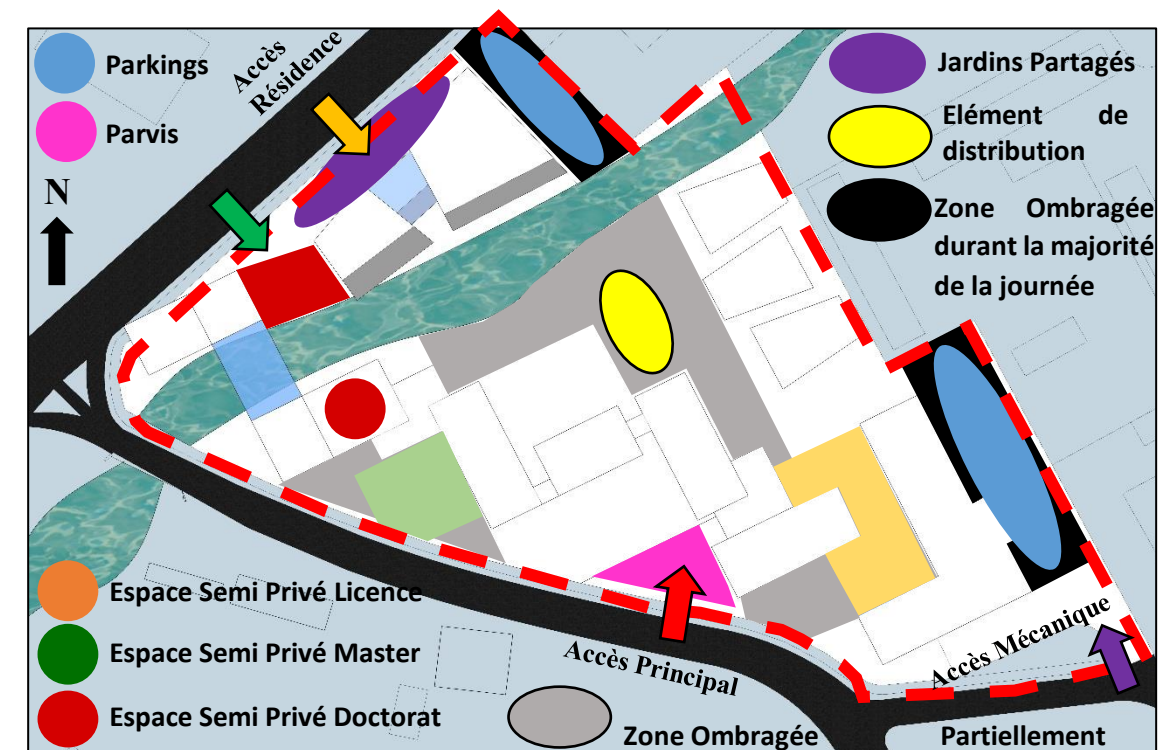


Fig. III. 17 : Schéma de Structure. Source : Auteurs.

### c) Description des différentes entités du projet

La répartition des différentes fonctions au sein des entités est faite en prenant en considération un élément essentiel : c'est celui des divers modules enseignés à nous, étudiants en architecture durant notre parcours universitaire.

En Effet, suivant les emplois du temps des modules enseignés depuis la première année, nous a permis de ressortir avec la conclusion suivante :

- L'enseignement des modules théoriques au sein des salles de cours et TD l'emportent d'avantage (en terme de temps) sur l'enseignement des études et des disciplines artistiques (architecture / dessin – peinture ...) au sein des ateliers : en effet, une journée et demi voir deux jours au maximum sur cinq sont dédiés aux modules artistiques, par contre trois jours sur cinq sont affectés aux études des modules théoriques complémentaires. Suivant cette déduction, le confort au sein des espaces accueillant les modules théoriques devra être optimisé par rapport aux ateliers car c'est au niveau de ces premiers que l'étudiant passe le plus de temps durant sa formation. Ainsi l'emplacement des espaces recevant ces modules théoriques sera projeté au sein des blocs situés à l'intérieur de la serre vu le confort optimal qu'assure cette dernière surtout en période hivernal coïncidant avec la majorité de l'année universitaire. Ceci fait naitre déjà deux sous entités au sein de la même entité (qu'elle soit dédiée au cycle de licence ou master) : il s'agit de la sous-entité pédagogique et la sous entité artistique.

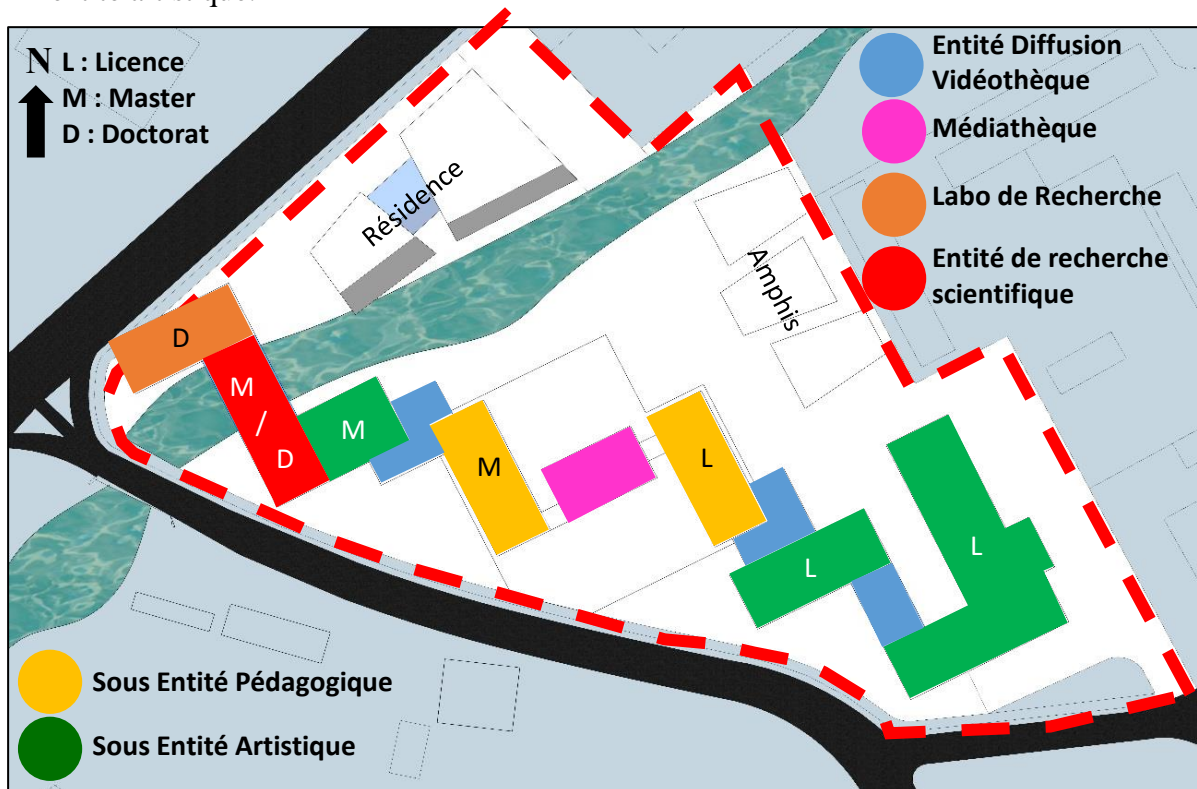


Fig. III. 18 : Différentes entités et sous entités du projet.  
Source : Auteurs.

### ➤ Sous-Entités Pédagogiques

Se développant sur trois niveaux accueillent les salles de TD, salles de cours, salles de modélisation 3D, salle de recherche internet...etc.

### ➤ Sous Entités Artistiques

Concerneront les espaces accueillant les disciplines artistiques : (Ateliers de conception, ateliers de dessin-peinture et ateliers de sculpture). Afin d'assurer une meilleure fonctionnalité pour les étudiants durant le processus de création de leurs projets artistiques ou architecturaux (depuis la conception jusqu'à leurs matérialisation) des espaces d'accompagnements, jugés plus que nécessaires, sont projetés dans ces sous-entités artistiques tel que : Ateliers maquettes, salles de découpes numériques, salles de Travaux de groupes, salles d'impressions et studios photos-vidéos. Notons que l'orientation de ces espaces est conçue de telle sorte à satisfaire leurs diverses exigences fonctionnelles tirées de l'analyse des thématiques faite précédemment. Voilà ce qui justifie la répartition spatiale et l'orientation :

Des ateliers de dessin-peintures et ateliers de sculpture au nord afin de profiter de la lumière naturelle uniforme durant toute la journée ;

Des studios photos-vidéos orientés à l'ouest, en précisant la limitation des ouvertures aux façades Ouest du projet afin d'éviter l'éblouissement et les gênes visuelles causées par cette orientation d'une part et de générer des espaces sombres à cet emplacement favorisant l'éclairage artificiel recommandé pour ces studios photos-vidéos d'autre part ;

Des ateliers de conception (architecture) au Sud permettant ainsi de profiter de la lumière et du chauffage naturel passif durant toute l'année pour ces espaces vu leur grande fréquence d'usage par rapport aux autres ateliers des disciplines artistiques.



Fig. III. 19 : Répartition spatiale au sein des sous entités artistiques.

Source : Auteurs.

### ➤ Entité diffusion (Vidéothèques)

Une articulation entre les sous-entités citées précédemment s'avère plus que primordial vu qu'elles appartiennent au final à la même entité principale qu'elle soit licence ou master. Ceci est matérialisé dans le projet par des entités de diffusions abritant des vidéothèques, ce choix est réfléchi car l'objectif était de concevoir un espace vers le quel convergeraient précipitamment les étudiants par sa fonction, de ce point de vue la vidéothèque assure parfaitement ce rôle vu son utilisation polyvalente qui ne se limite pas seulement à diffusion mais qui s'étend à accueillir les affichages des étudiants, des soutenances voire même des conférences concernant des spécialités (sujets) bien ciblées.

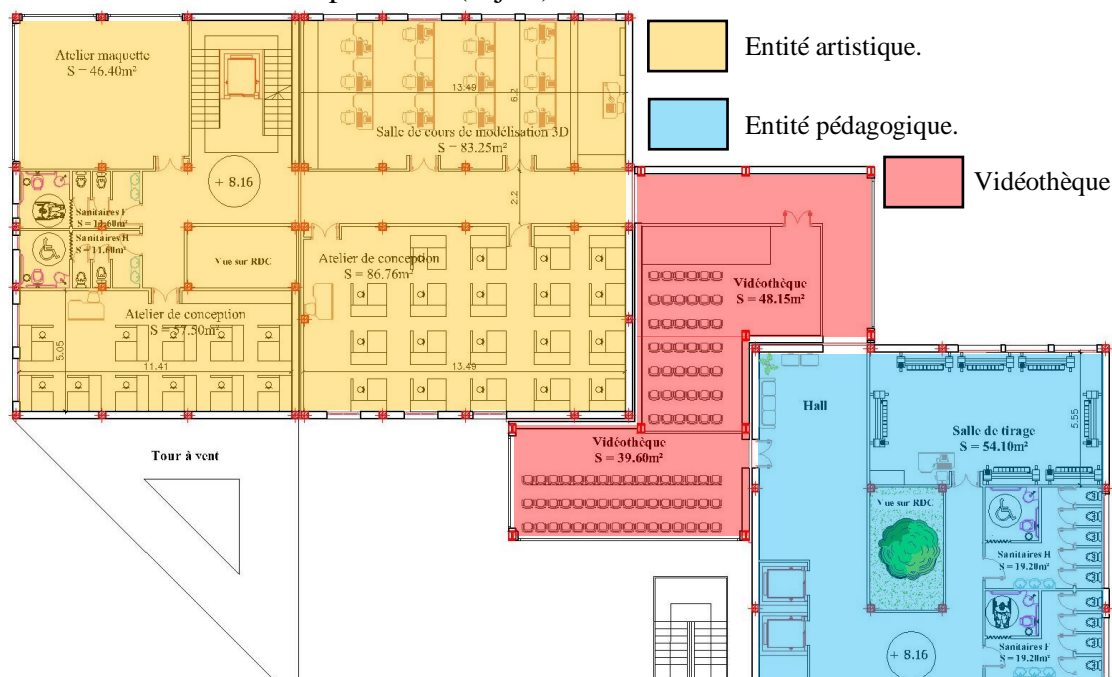


Fig. III. 20 : Espace d'articulation entre la sous entité artistique et la sous entité pédagogique.  
Source : Auteurs.

### ➤ Entité recherche pédagogique (Médiathèque)

Des passerelles furent conçues permettant aux entités Licence et Master d'atteindre la médiathèque (localisée dans le bloc central de la serre) qui joue le rôle d'articulation entre les deux entités pédagogiques précédentes. Précisons que ce bâtiment central sert d'élément d'articulation aussi vu les fonctions communes qu'il abrite (entité administrative ...) offertes aux deux entités (Licence et Master).

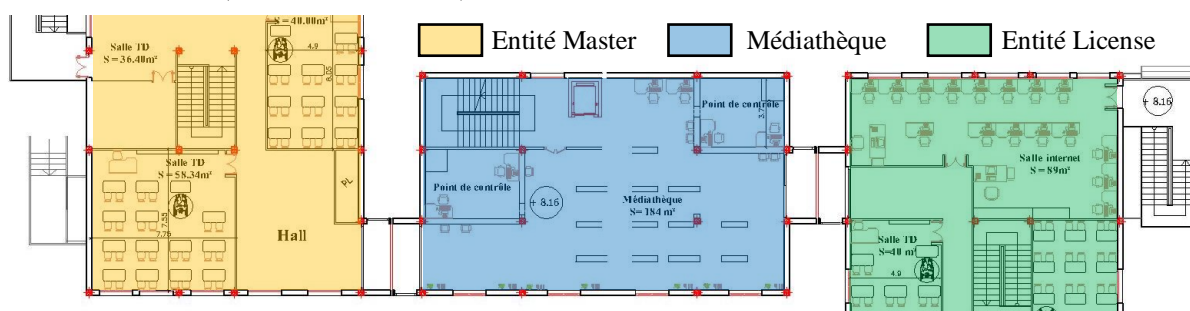


Fig. III. 21 : Espace d'articulation entre l'entité licence et l'entité master.  
Source : ibid.

### ➤ Entité labo de recherche

Se développant sur six niveaux, elle est destinée aux doctorants et aux chercheurs, cette dernière comporte des bureaux de chercheurs, des salles de cours/soutenance, salles de recherches et de simulations, une bibliothèque se développant sur deux niveau comportant des espaces de recherches de consultation des thèses sur l'un des niveau et d'articles et revues scientifiques sur l'autre. Notons que cette entité est dotée de sa propre administration.

### ➤ Articulation entre le labo de recherche et l'entité master

Une salle de matériauthèque et une terrasse servent d'articulation entre l'entité Master et le labo de recherche Doctorat, permettant ainsi de créer un contact direct entre les doctorants, les chercheurs et les étudiants de Master dans le but de faciliter l'échange des connaissances et le partage des expériences comme première initiation aux étudiants du cycle Master désirant poursuivre leurs carrières dans la discipline de la recherche scientifique.

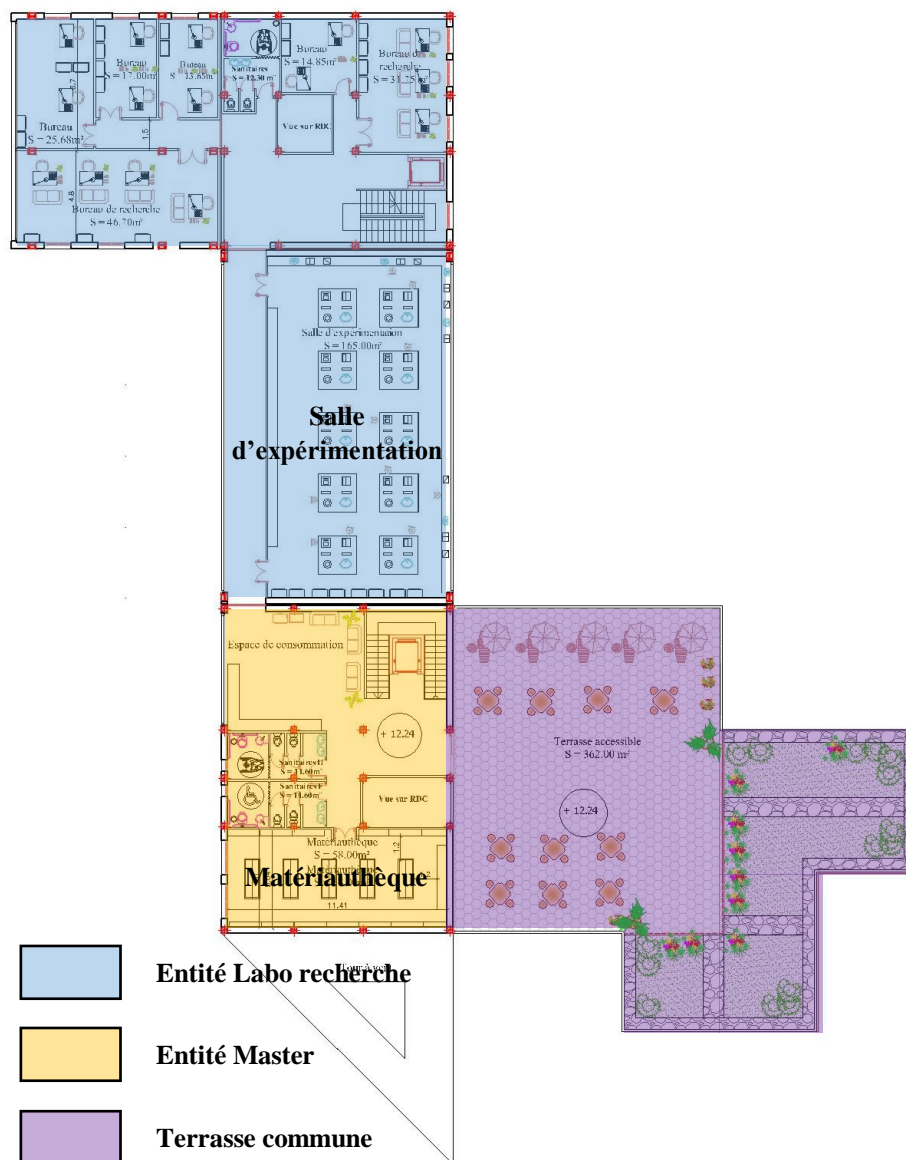


Fig. III. 22 : Articulation entre l'entité master et l'entité doctorat.

Source : Auteurs.

### ➤ Entité Résidentielle

Composé de deux blocs articulés par une passerelle terrestre, ces derniers ont comme fonction essentielle d'héberger les étudiants en formation d'architecture. Ils comportent 62 chambres réparties en chambres individuelles, chambres en collocations ou encore en chambres destinées aux personnes à mobilité réduite où les sanitaires, douches et cuisines y sont intégrés. Toutes ces chambres sont dotées d'espaces extérieurs : c'est des loggias orientées cotés sud, comme la majorité des chambres. Afin d'assurer un confort optimal pour les étudiants, divers espaces d'accompagnements sont projetés : en plus des espaces communs conçus (des salles de lecture, salles de travaux de groupes et salles maquettes ont été ajoutées au programme. Précisons que le RDC de l'un des blocs est affectée comme réfectoire pour assurer la fonction de consommation, tandis que le RDC du deuxième bloc est conçue comme une boutique associative mettant au service des étudiants les diverses fournitures universitaires et architecturales.

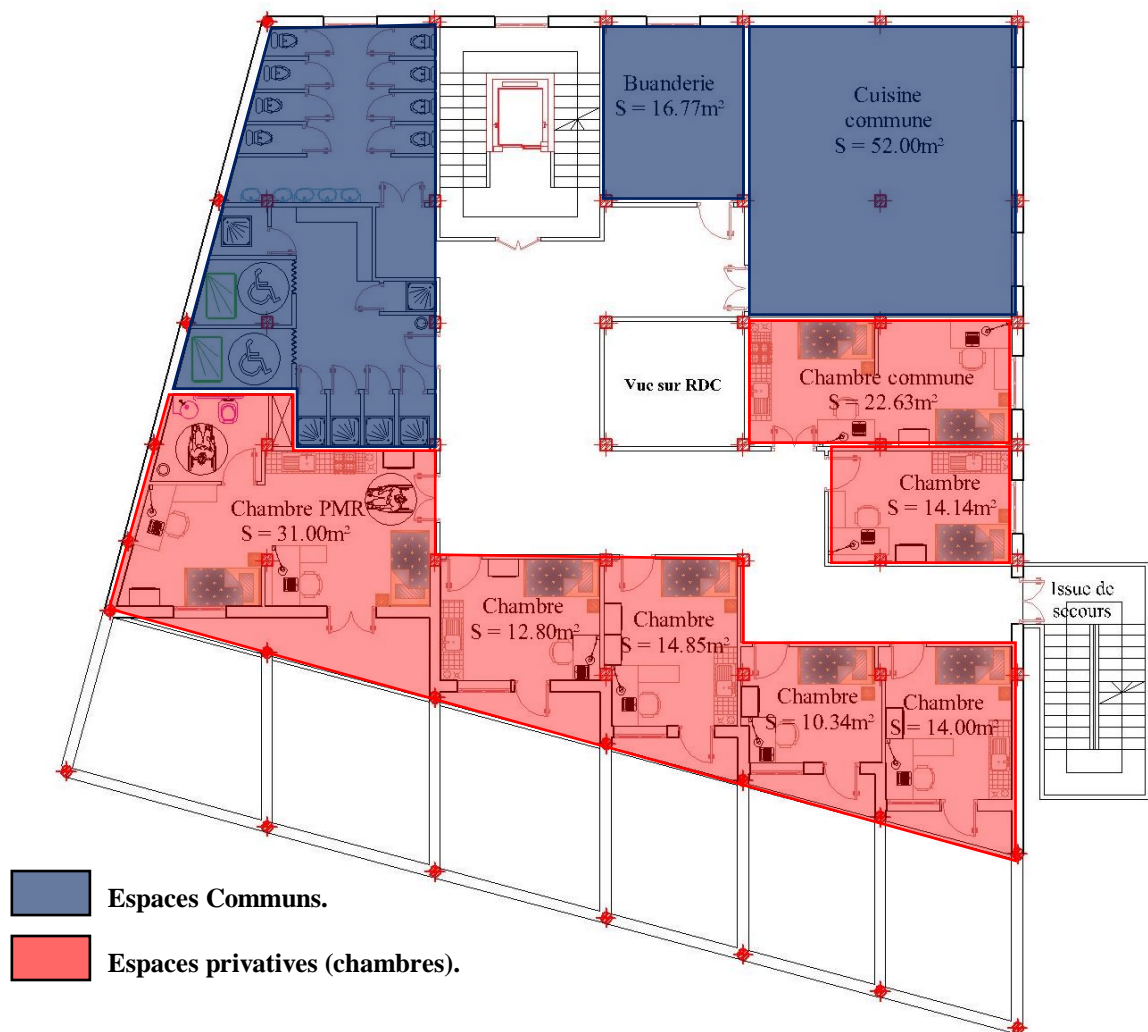


Fig. III. 23 : Répartition spatiale de l'entité résidentielle.

Source : Auteurs.

### ➤ Entité Amphis

Composée de trois grands amphis à base trapézoïdale accueillant plus de 200 personnes.

#### d) Description des façades

##### ➤ L'apport du bioclimatisme

L'architecture bioclimatique a fortement contribué à la conception des façades. De plus de faire appel à un équilibre entre le plein et le vide, entre les diverses entités, afin de permettre un bon acheminement des vents frais captés et prétraités aux divers points du projet, un équilibre entre opacité et transparence fut appelé aussi, en tenant compte principalement de l'orientation et de la course apparente du soleil. En effet, les parois transparentes (parois de la serre et façades Sud des divers blocs) et les parois opaques (Sud-Ouest) ont été recherchées tout le long du processus afin de profiter des rayons solaires ou de s'en protéger comme suit. C'est ainsi que des brises soleils verticaux viennent agrémentés les façades Sud-Ouest contribuant de plus à casser leur horizontalité, ce qui est le cas aussi pour les galeries marquant nos façades Sud-Est.

Précisons que toutes les façades du projet de la même orientation sont conçues suivant le même traitement architectural, et ceci afin d'éviter de noyer le projet dans un éclectisme esthétique, cependant des éléments architectoniques furent utilisés, comme rappels, dans l'ensemble de toutes les façades, dans le but de dégager un aspect visuel global et cohérent de tout le projet.

##### ➤ Clin d'œil à l'existant

Afin de s'intégrer au site en général et à la structure existante en particulier, nous avons volontairement choisi de concevoir des formes épurées, homogènes du point de vue visuel. Cela se remarque notamment par la dominance des lignes droites horizontales et verticales (ouvertures et bardages verticaux/ horizontaux) en rappel aux anciennes bandes perpendiculaires rouges de la structure existante.



Fig. III. 24 : Vue sur la façade sud du bloc A.  
Source : Auteurs.



Fig. III. 25 : Vue sur la façade Ouest du bloc B.  
Source : Auteurs.



Fig. III. 26 : Equilibre Harmonieux entre la verticalité et l'horizontalité au sein du projet.  
Source : Auteurs.

### ➤ Dialogue entre contemporain et traditionnel par les matériaux

En ce qui concerne les matériaux composants les façades, un dialogue entre contemporain (par l'utilisation du verre et du métal) et traditionnel par l'utilisation du bois a été désiré pour donner un aspect actuel au projet tout en s'insérant au contexte. Ainsi, des bardages en bois et en aluminium sont aperçus au sein de la majorité des façades. C'est en assemblant ces trois éléments et en faisant des rappels sur diverses entités qu'un ensemble cohérent et harmonieux a été obtenu.

#### e) Le choix du système constructif

La structure joue un rôle important dans la création d'un projet architectural, divers critères doivent interagir dans son choix : fonctionnel, économique, esthétique et technique.

#### ➤ Superstructure

##### • Structure en Béton armé

Etant convaincus qu'un projet contemporain n'est pas forcément doté d'une structure hors norme (High-Tech), d'une part, et sachant que la structure des blocs existants est en poteau-poutre en béton armé, d'autre part, nous avons volontairement décidé de concevoir l'ensemble du projet en faisant appel à la structure précédente. Ce choix se justifie aussi, non seulement par la volonté de valoriser le système constructif de la structure existante (réputé déjà par sa résistance aux différentes contraintes, sa durabilité et son économie) mais aussi dans le but de matérialiser le



Fig. III. 27 : Dialogue des matériaux au sein de la façade du bloc A.  
Source : Auteurs.



Fig. III. 28 : Vue sur la façade urbaine du côté Nord.  
Source : Auteurs.



Fig. III. 29 : Structure en béton armé  
Source : <https://www.notionsstructures.be/>

principe de « Penser globalement et agir localement »<sup>102</sup>. En effet, cette structure satisfait amplement ce qui est dit précédemment par la fréquence de son emploi et ainsi la facilité de sa mise en œuvre vu la large pratique de son utilisation et de sa main d'œuvre qualifiée dans notre pays.

Précisons qu'au sein de cette structure en béton armée nous distinguons :

- 1- Une structure autoportante à base de poteaux, de poutres, concernant les petits espaces : (bureaux, locaux techniques ...). La trame (grille) structurale a été conçue de manière à concevoir des portées ; non seulement satisfaisant aux exigences fonctionnelles de ces espaces ; mais aussi afin de réaliser des plancher à corps creux et d'éviter les dalles pleines, et ceci pour des raisons purement économiques.
- 2- Des portiques en béton armé : ces derniers furent affectés pour les espaces de grandes surfaces et de portés importantes, tels que les grandes salles de cours, et dont les dalles

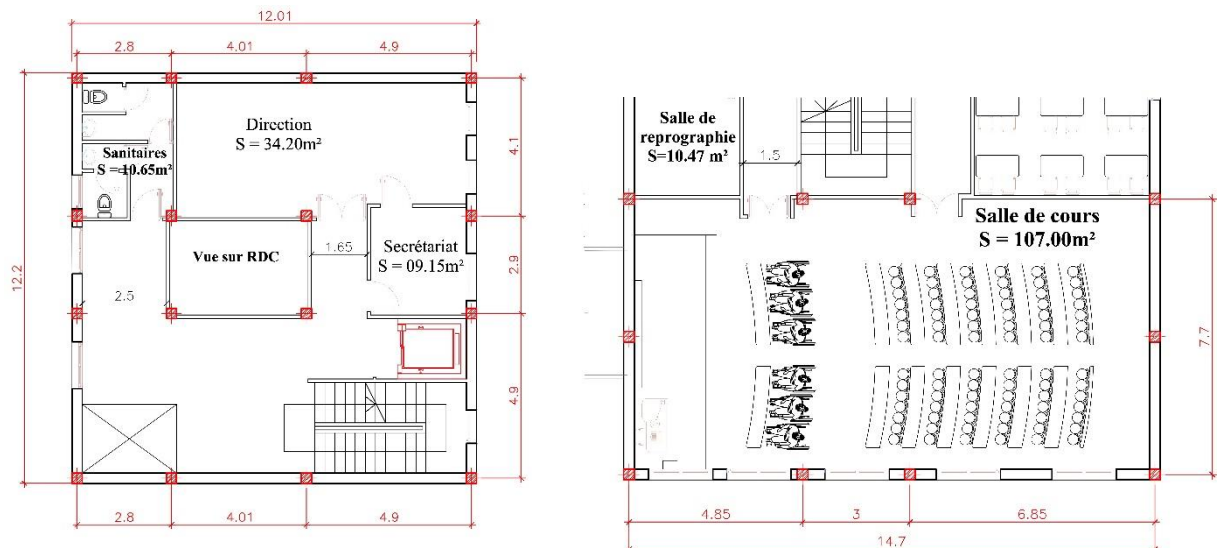


Fig. III. 30 : Types de structure en béton armé poteaux-poutre (autoporteur en droite et portique à gauche).  
Source : Auteurs.

sont de types dalles pleines.

- **Structure métallique**

La structure métallique est utilisée sous forme de profilé en I (IPN) et de poutres alvéolaires spécifiquement au niveau de la serre, des amphis et des volumes d'articulations (accueillant les vidéothèques) concernant les nouveaux blocs projetés. Le recours à ce système se justifie par sa



Fig. III. 31 : Exemple de poutre alvéolaire employée au sein du projet.  
Source : ArchiExpo.fr

<sup>102</sup> René DUBOS, « Think global, act local » citation prononcée la première fois lors du premier sommet sur l'environnement en 1972.

légèreté permettant d'atteindre de grandes portées exigées pour ces espaces sans avoir des retombées de poutres très importantes. Notons que les planchers des entités précédentes (exception de la serre) sont de types de plancher collaborant.

Afin d'améliorer la faible résistance au feu de cette structure, des peintures intumescentes seront appliquées sur ses différents éléments, en cas d'incendie, cette peinture gonfle et protège la structure lui permettant de résister de 30 à 120 minutes de plus.

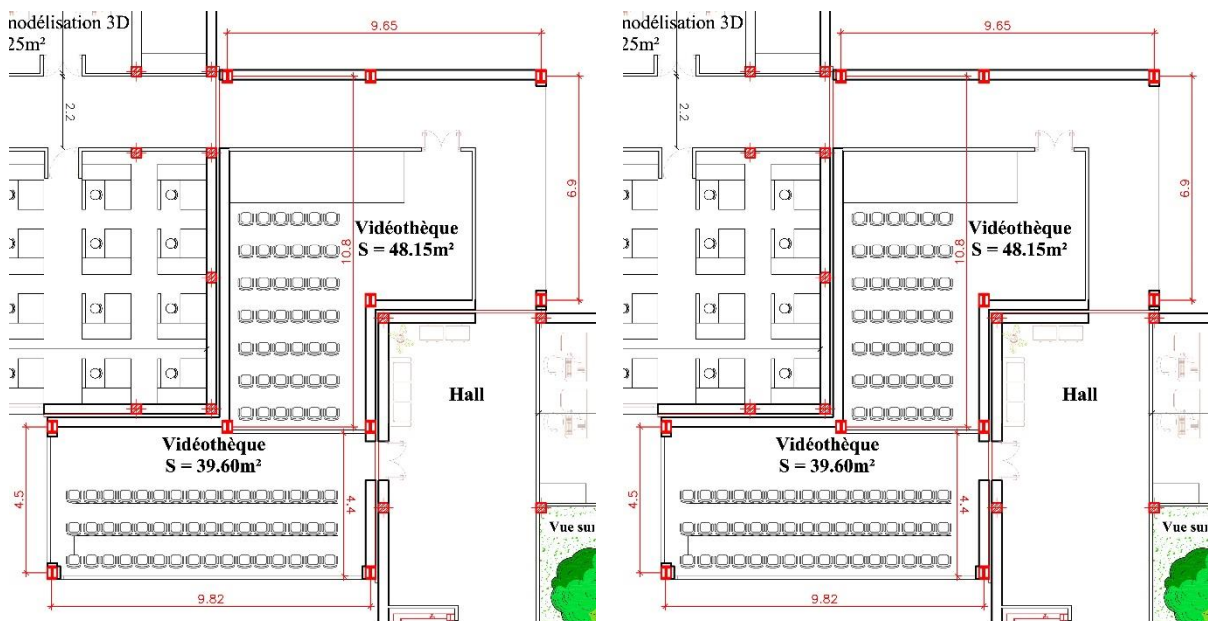


Fig. III. 32 : Plan et Structure de la vidéothèque (poutre métallique alvéolaire).  
Source : Auteurs.

- **Structure mixte**

Cette dernière s'applique sur le volume d'articulation (accueillant une vidéothèque) reliant le bloc A au B. En effet des poutres métalliques alvéolaires seront suspendues aux poteaux en bâton armé de la structure existante. Ce recours est justifié pour des raisons économiques et techniques : en effet ceci nous a permis, en ajoutant seulement quelques éléments (poutres alvéolaires) à une structure déjà existante (poteaux en béton armé) de créer la structure de ce volume d'articulation au lieu d'en concevoir carrément une autre métallique.



Fig. III. 33 : vue sur Structure mixte composé de poteau en B.A et poutre métallique.  
Source : Lycée-Cherieux.fr

### ➤ Infrastructure

Le choix du système de fondations dépendra de la résistance et la nature du sol ainsi que des résultats des calculs des descentes de charges. Cependant, au niveau de l'entité d'hébergement, près du cours d'eau, des fondations profondes en pieux seront utilisés ainsi qu'un béton hydrofuge (ajout d'adjuvant hydrofuge) pour résister à l'humidité.

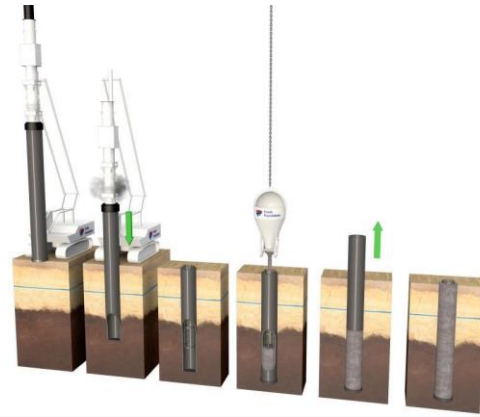


Fig. III. 34 : Mise en œuvre de pieux  
Source : Lycée-Cherieux.fr

Des joints de ruptures sont utilisés à différents endroits du projet à chaque transition de type de structure ou de changement de gabarit (et donc de charges).

### Synthèse

Dans cette première partie du chapitre, nous avons présenté les différentes étapes relatives à la conception du projet après avoir récapitulé les diverses analyses et études théoriques établies préalablement, celles-ci ont participé grandement à la naissance du projet.

La récapitulation des données a permis de regrouper toutes les informations importantes liées aux contextes global et réduit, aux données climatiques et microclimatiques du site et aux différentes thématiques qui ont joué un rôle prépondérant durant l'idéation et la concrétisation du projet.

Une fois ces éléments recueillis, les grandes lignes de l'extension ont été tracées à travers un schéma de principe déterminant les accès, l'organisation globale choisie et les différents reculs et alignement urbains. Par la suite, une idée fédératrice (la métamorphose) et des concepts opératoires qui se rapportent au contexte, aux thèmes et au bioclimatisme ont été fixés pour commencer à formaliser le projet. Sa concrétisation a été présentée sous formes d'étapes : Extension par continuité, fragmentation & articulation, recours à la verticalité, satisfaction des exigences fonctionnelles et enfin l'apport formel de l'architecture bioclimatique.

Nous en ressortons ainsi avec diverses entités qui ont été décrites ensuite sous leurs aspects fonctionnels, structurels et esthétiques. Enfin, un dossier graphique a été élaboré contenant les différents plans et coupes de l'ENSA-TO.

En conclusion, nous pouvons estimer que le dossier architectural a été complété et exposé avec minutie, ce qui nous permet de présenter, à présent, sereinement l'aspect environnemental du projet à travers le dossier bioclimatique

### III.5. Procédés et techniques bioclimatiques du projet

Depuis plusieurs années, la problématique environnementale prend de plus en plus d'ampleur, une prise de conscience collective autour de la question écologique est observée, la réduction des émissions de gaz à effet de serre est un objectif majeur pour lutter contre le réchauffement climatique. Le domaine de la construction est un secteur qui a sa part de responsabilité, c'est ainsi que l'architecture bioclimatique voit le jour. David WRIGHT, dans son livre « Soleil, Nature, Architecture » affirme : « Devenir des citoyens solaires est notre destinée ».

Dans l'optique d'atteindre une certaine efficacité énergétique et d'assurer un confort thermique optimal dans notre projet, le recours à l'architecture bioclimatique ainsi qu'à la réhabilitation thermique pour la structure préexistante s'avèrent nécessaires. Nous allons, donc, présenter dans ce qui suit les diverses interventions retenues pour réhabiliter thermiquement les deux blocs « A » et « B », ainsi que les différents procédés bioclimatiques utilisés au sein du projet, qu'ils soient passifs, actifs, dopés ou pas par de nouvelles technologies et pour finir nous exposerons la gestion écologique de l'ENSAA-TO.

#### III.5.1. Réhabilitation thermique

Comme déduit au niveau de l'analyse des confort au sein de la structure existante (Blocs « A » et « B ») en (chapitre I), ces deux bâtiments ne peuvent que réclamer réhabilitation thermique. Cette dernière est une intervention qui a pour but d'améliorer le confort thermique des usagers et d'abaisser les consommations en énergies fossiles de l'école. Cela peut être atteint en intervenant sur l'isolation des certains éléments bâtis bien ciblés pour limiter les déperditions thermiques en hiver et en optimisant la ventilation des espaces intérieurs pour réduire les besoins de rafraîchissement actif en été. Cette opération touche diverses parties de la construction :

##### III.5.1.1. Réhabilitation thermique des parois opaques

Les murs extérieurs constituent un élément important d'échange thermique avec l'environnement externe. En effet, 20% à 25% des déperditions thermiques se font au niveau des parois verticales. Les murs de l'Ex-Habitat sont composés d'une double cloison en brique avec lame d'air à l'intérieur, après analyse, on en déduit que cette configuration est inefficace pour diverses raisons (dégradation, ponts thermiques mais surtout long déphasage thermique ...etc.). Pour remédier à cela on distingue deux opérations, la première concerne l'isolation des façades Nord, la seconde concernera l'optimisation du captage solaire passif en façade Sud.

### a) Isolation thermique de l'enveloppe extérieure en façades Nord

Par l'ajout d'un isolant à l'extérieur des parois pour les avantages suivants : Elimination de ponts thermiques, conservation de la surface intérieure exploitable et exploitation de l'inertie thermique des parois existantes... Ce dernier est appliqué sous forme de panneaux isolants en roseaux de 02 cm d'épaisseur recouvert d'un enduit de finition, le choix du roseau s'est porté sur sa disponibilité locale dans le site et de ses performances thermiques grâce à l'air emprisonné dans les tubes de roseaux.



Fig. III. 35 : Panneaux en roseaux isolants

Source : <https://www.ecobati.com>

### b) Optimisation du captage solaire passif en façade Sud par Double Peau

Un ravalement de façade étant projeté, on en profitera pour détruire l'une des deux cloisons en brique (celle de 15 cm) pour pouvoir profiter en hiver de manière directe, rapide et passive de la chaleur au sein des ateliers de conception qui sont utilisés par intermittence (durant la journée). Le captage des rayons solaires sera optimisé par le système de double peau. Un vitrage disposé aux environs de 50 centimètres de la façade d'origine jouera le rôle de seconde peau empoisonnant l'air chauffé par les rayons solaires avant de l'injecter par la suite vers l'intérieur par des orifices hauts.

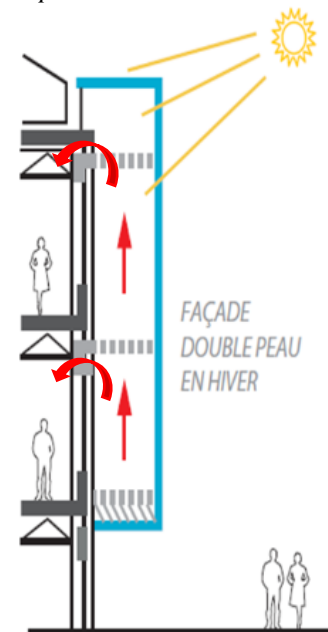


Fig. III. 36 : Façade double peau aérée.

Source :

<https://www.ecobati.com>

#### III.5.1.2. Réhabilitation thermique des parois transparentes

Les fenêtres actuelles de l'Ex-Habitat sont composées d'une menuiserie en bois en mauvais état et d'un simple vitrage, cassé par endroit. Cela est très insuffisant en termes de performances thermiques. C'est ainsi que nous avons opté pour le remplacement complet des fenêtres par des fenêtres en menuiserie de bois avec un double vitrage à basse émissivité qui permet l'entrée d'apport solaires tout en emprisonnant les infrarouges à l'intérieur pour conserver la chaleur en hiver. Un gaz rare intermédiaire améliore ses capacités isolantes.

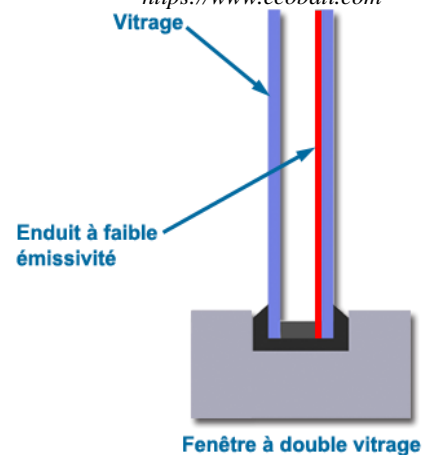


Fig. III. 37 : Vitrage à basse émissivité

Source : <http://www.silltosash.com/>

### III.5.1.3. Réhabilitation thermique des couvertures (plancher terrasse)

Par réfection totale du complexe d'étanchéité des toitures terrasses des blocs « A » et « B » étant projetée (infiltrations des eaux), nous allons en profiter pour disposer des panneaux isolants en liège expansé sous l'étanchéité neuve. Notons que le choix du liège en étant un matériau isolant, écologique résistant très bien à l'humidité.



Fig. III. 38 : Panneaux isolants en liège expansé  
Source : <http://alpes-ecomateriaux.com>

### III.5.1.4. Réhabilitation thermique des planchers intermédiaires

#### a) Isolation thermique des planchers bas

Les planchers bas désignent les planchers situés au-dessus des vides sanitaires ou sous-sol, au-dessus des passages ouverts ou en contact avec le terre-plein. Dans le cas de l'Ex-Habitat, il s'agit de planchers sur vide sanitaire non accessible et sur passage ouvert, ces espaces-là étant, peu ou pas chauffés, nécessitent une isolation thermique.

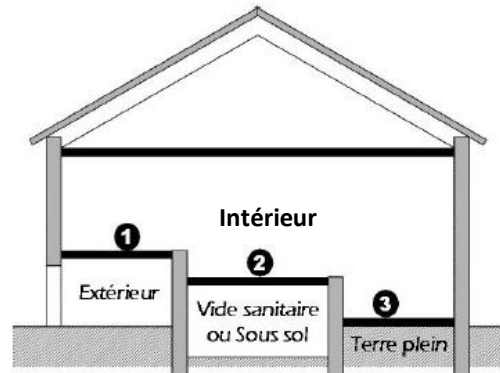


Fig. III. 39 : Différents types de planchers bas

Source : MERZEG Abdelkader

Pour les planchers sur passage, une isolation par le bas sera privilégiée pour éviter une réhabilitation lourde de la face supérieure du plancher d'une part et d'exploiter leurs inertie thermique d'autre part. Elle se fera par l'ajout de panneaux en polystyrène expansé, ( $e=18$  à  $20$  cm pour  $R=5\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ), qui seront collés par plot en dessous de ces planchers.

Concernant les planchers sur vide-sanitaire, l'accès à ces derniers étant très restreint, l'isolation au-dessus du plancher représente la seule possibilité, elle se fera uniquement sur les planchers qui ne sont pas utilisés comme masse thermique destinée à restituer la chaleur.

#### b) Isolation thermique des planchers intermédiaires

Concernant les Blocs « A » et « B », elle se fera par l'ajout de panneaux en polystyrène expansé cités précédemment sur la face inférieure des dalles, cela dans le but de profiter l'inertie des masses thermique de ces planchers pour restituer vers le haut la chaleur accumulée par les rayons solaires captés, et ainsi chauffer passivement les espaces intérieurs et réduire les déperditions thermiques et la facture énergétique.

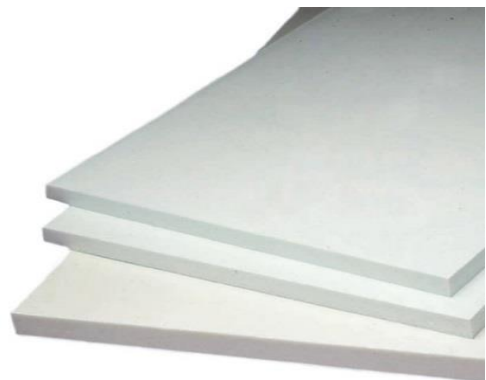


Fig. III. 40 : Panneaux de polystyrène expansé.

Source : Leroymerlin.fr

### III.5.1.5. Réhabilitation thermique des parties communes

#### a) Conception d'atriums

En plus de profiter de l'éclairage naturel, la contribution thermique des atriiums est double. En période froide, ce dernier, joue le rôle d'apport solaire passif et direct permettant de capter les rayons solaires, de conserver la chaleur et de la distribuer par convection par la suite au sein des espaces intérieurs. Tandis qu'en période chaude, des ouvertures hautes et l'permettent le rafraichissement par une ventilation passive (Extraction d'air chaud ayant tendance à monter). Notons que, pour faire face à la pénétration des rayons solaires, cause de surchauffe au sein des espaces intérieurs, durant cette même période des stores coulissants, furent appelés, situés en dessous des atriiums.

Précisons que nous appliquerons cela au niveau du bloc « A » où un atrium sera créé par la continuité verticale du hall central. Le plancher terrasse sera perforé et une verrière sera mise en place pour conserver la chaleur en hiver et se protéger de la pluie. La même opération sera effectuée au niveau du plancher terrasse du couloir menant vers l'actuelle salle de lecture. Ces atriiums permettront de capter les rayons solaires en période froide, de conserver la chaleur et de la distribuer.

Le tableau ci-dessous synthétise et compare les différentes propriétés thermiques des cloisons utilisées sur diverses entités du projet :

Tab. III.2 : comparaisons entre les diverses caractéristiques thermiques des matériaux anciens et nouveaux selon la nature des espaces.

Source : Auteurs.

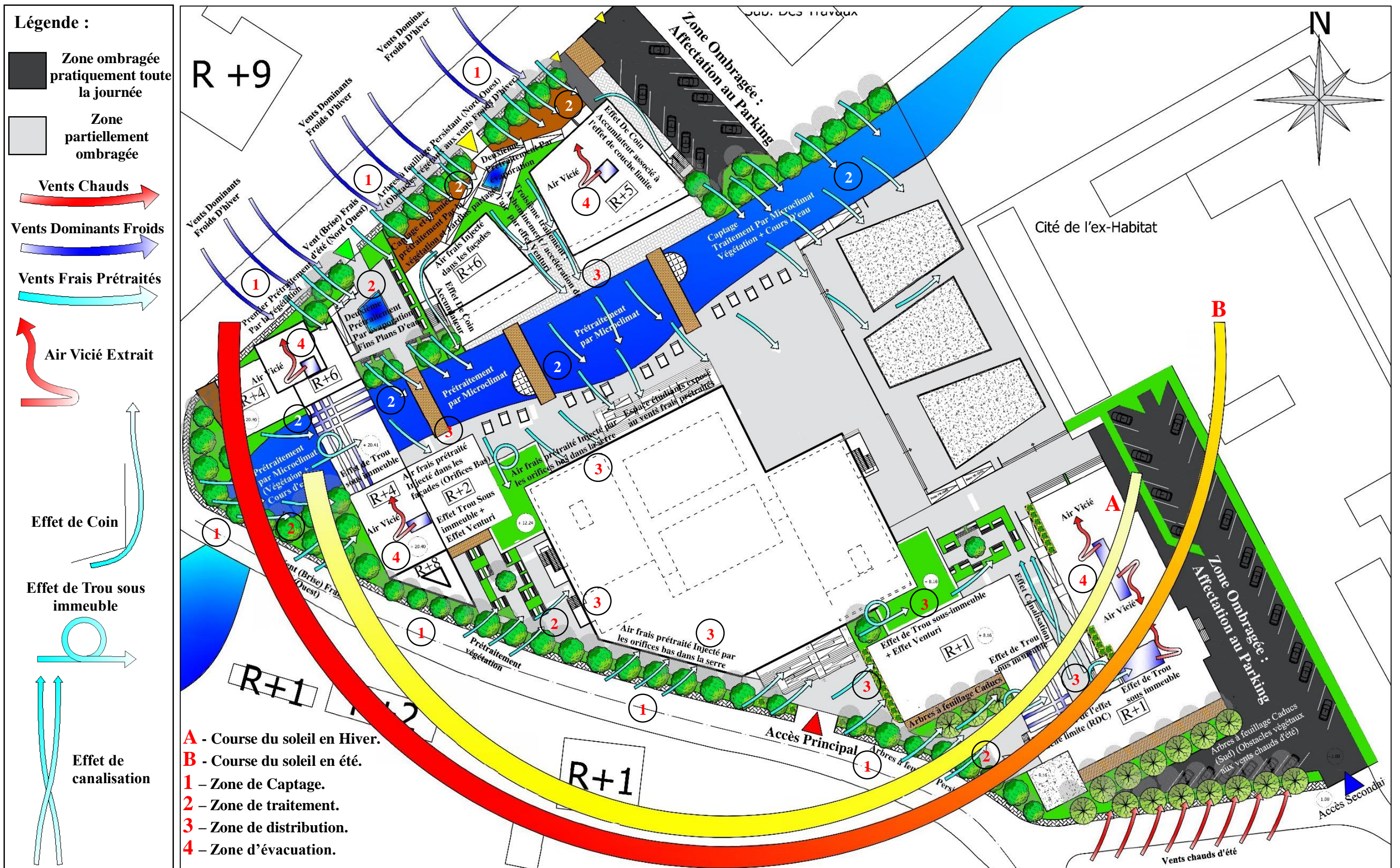
	Blocs A & B						Entités ENSAA			Entité Résidence		
	Avant réhabilitation			Après réhabilitation								
Murs côté Sud	Double cloison en brique creuse avec lame d'air intermédiaire (15+5+10).			Double peau (Paroi à double vitrage associée à une cloison de 10 cm).			Paroi en Brique de 15 cm.			Béton de Chanvre de 10 cm.		
	u (W/m <sup>2</sup> .K)	D (H)	P (kg/m <sup>2</sup> )	u	D	P	u	D	P	u	D	P
	0.03	<b>5.7 h</b>	237.5	2.11	<b>3.2 h</b>	<b>130</b>	2.61	<b>3 h</b>	120	1.031	<b>7.3 h</b>	52
Vitrage	Simple vitrage			Double vitrage (4/16/4) avec couche mince à basse émissivité			Double vitrage (4/16/4) avec couche mince à basse émissivité			Double vitrage (4/16/4) avec couche mince à basse émissivité		
	u	D	P (kg)	u	D	P	u	D	P	u	D	P
	5.5	<b>0.0 6 h</b>	9.2	0.02	<b>6.5 h</b>	18.4	0.02	<b>6.5 h</b>	18.4	0.02	<b>6.5 h</b>	18.4

(Voir Annexe concernant les figures démontrant les simulations numériques élaborés par logiciels).

### III.5.2. Aspect bioclimatique, performances et efficacité énergétique du projet

#### III.5.2.1. Bases Bioclimatiques du projet

Les notions de base du bioclimatisme sont prises en considération dès le départ de la conception du projet. Celles-ci se traduisent notamment par les divers points qui nous allons exposer et qui se résument par le plan de masse bioclimatique représenté ci-dessous :



A présent, entamons l'exposition des bases bioclimatiques du projet :

**a) Gestion du gisement solaire : Zoning microclimatique**

Prenant en considération cet élément dès les premières réflexions du projet, et tel qu'expliqué auparavant dans la description organisationnelle, le gisement solaire participe, bel et bien, à l'affectation fonctionnelle des blocs et ceci afin d'optimiser les apports solaires surtout en période de froid (coïncidant avec la majorité de l'année universitaire). En effet, rappelons que les zones ensoleillées accueilleront les diverses entités bâties du projet afin de profiter de l'énergie solaire directe de manière passive, tandis que les zones totalement ombragées recevront les espaces ne nécessitant pas d'être chauffés ce qui justifie l'emplacement des parkings à cet endroit, enfin, les zones partiellement ombragées/ensoleillées accueilleront par contre les espaces extérieurs communs aux étudiants (espaces semi privé-licence, master, espace communs).

**b) Orientation du projet**

La plupart des blocs du projet conçus sont orientés selon l'axe « Est-Ouest » afin de dégager un maximum de façades exposées aux cotés Sud et Nord dans le but d'optimiser le captage des rayons solaires en hiver, et des vents frais en été tout en évitant les surchauffes et l'éblouissement.

**c) Comportement des vents suivant la composition volumétrique du projet : Effets aérodynamiques**

La volonté de bénéficier de la ventilation naturelle au sein du projet, surtout en période estivale, justifie amplement la fragmentation de ses diverses entités, en effet cette dernière permettra un acheminement plus homogène des vents frais, vers les différents espaces extérieurs et blocs du projet. Mais avant de les acheminer, d'autres étapes primordiales nécessitent d'être évoquées afin de mieux comprendre comment cet acheminement d'air frais se déroule. Pour mieux expliquer ceci, nous démontrons ci-dessous tout simplement le processus de ventilation naturelle par le captage des vents jusqu'à leurs acheminements comme première étape. En ce qui concerne leurs captages, ceci a été pris en considération dès l'analyse climatiques et microclimatique du site par une meilleure localisation des types de vents (chaud/frais). A ce stade nous faisons appel à des dispositifs permettant de faire face aux premiers et de profiter des seconds :

➤ **Dispositifs et Régulateurs Naturels : Microclimat (Végétation associée aux fins plans d'eau)**

En projetant des :

- Arbres à feuillage caduc au Sud, jouant le rôle d'obstacles naturels atténuant les vents chauds en période chaude, tout en laissant pénétrer les rayons solaires hivernaux ;
- Arbres à feuillages persistants au Nord-Ouest et à l'Ouest. En plus de jouer le rôle d'obstacles naturels aux vents froids d'hiver, ces derniers jouent le rôle d'un premier prétraitement aux vents frais d'été.
- Jardins partagés : Espaces de plantation communs aux étudiants résidents, situés au Nord de la résidence, participant au prétraitement et à la purification des vents venant du Nord-Ouest.

Notons que ces arbres à feuillage persistants qui font face aux vents frais sont souvent accompagnés par des fins plans d'eau en arrière-plan contribuant au rafraîchissement, par leur évaporation : c'est le rafraîchissement évaporatif. En effet, afin de s'évaporer et de changer de phase (et vu leurs grandes chaleurs latentes) ces fins plans d'eau consomment de grandes quantités de calories, tirées de l'air ambiant, en d'autres termes, ces derniers stockent beaucoup de chaleur jusqu'à atteindre la quantité nécessaire pour s'évaporer, engendrant ainsi la diminution de la température ambiante et le rafraîchissement de l'air.

Il est temps, à présent, d'exposer la manière dont ces vents, frais, captés et prétraités, sont acheminés aux diverses entités du projet avant d'être injectés. Pour cela nous avons fait appel à des phénomènes (effets) aérodynamiques :

#### ➤ **Effet Venturi**

C'est le phénomène de collecteur formé par des constructions dessinant un angle ouvert aux vents de telle sorte à former un collecteur de flux. Le rétrécissement du passage à pour effet d'augmenter la vitesse pour un débit identique.<sup>103</sup>

La fragmentation du projet en diverses entités, associée à la logique de leurs implantations (blocs perpendiculaires les uns aux autres) permet de mettre en application cet effet, en collectant des vents frais prétraités en amont (Ouest), et de les acheminer vers l'intérieur du projet, notamment vers les espaces extérieurs communs. Notons que cet effet peut être considéré, aussi, comme une troisième étape de prétraitement des vents consistant à accélérer ces derniers à l'aide d'étranglements des parois externes, ce qui est le cas de l'entité résidentielle, dont la volumétrie est conçue telle un entonnoir, collectant et acheminant les vents frais venant du Nord-Ouest.

---

<sup>103</sup> Chabi Mohammed, Op.cit.

➤ **Effet de trou sous immeuble**

Phénomène d'écoulement dans les trous ou passages sous immeubles reliant l'avant du bâtiment en surpression et son arrière en dépression<sup>104</sup>

Cet effet, fût appelé en-dessous des volumes d'articulations reliant les divers blocs entre eux, permettant d'acheminer et d'accélérer les vents frais captés et prétraités en amont, offrant ainsi la possibilité d'être injectés au sein des volumes cités précédemment par des procédés spécifiques qu'on détaillera par la suite.

Enfin, pour faire face à cela dans les zones critiques (situées en dessous des volumes d'articulations), certaines failles affectées comme passages piétons à l'origine, permettant de transiter d'un espace extérieur à un autre, sont barrées en projetant des arbres persistants associés à de végétation au sol.

➤ **Effet de canalisation**

Ensemble construit formant un couloir à ciel ouvert permettant de canaliser les vents et de les acheminer le long des parois constituant cet ensemble.

Concernant notre projet, l'air frais capté et prétraité sera acheminé dans le couloir formé par les deux parois latérales (gauche et droite) des blocs A et B comme suit. Cet air est injecté par la suite dans les façades citées précédemment par des orifices situés en bas des murs en s'associant à l'effet inspiré du phénomène de couche limite.

➤ **Effet de coin**

C'est le phénomène d'écoulement aux angles des constructions qui mettent en relation la zone de surpression en amont et la zone de pression latérale du bâtiment<sup>105</sup>

Une fois cet effet est mis en application, les vents frais captés sont accumulés au niveau des coins des façades latérales avant d'être injectés dans ces dernières par des orifices situés en bas des murs en s'associant à l'effet inspiré du phénomène de couche limite.

➤ **Effet inspiré du phénomène de couche limite**

Cet effet s'inspire du phénomène couche limite : En effet, l'air est en mouvement relatif sur les parois externes des blocs : c'est à cette zone d'interface que s'accrole l'air tout le long de ces parois induisant son acheminement pour pouvoir l'injecter par la suite au sein des espaces internes par des orifices bas.

Ainsi, nous arrivons à la fin d'exposition des divers effets aérodynamiques participant à la première partie du processus de ventilation naturelle du projet : Captage, prétraitement et acheminement. La seconde partie comptera les étapes d'injection et de distribution d'air frais

<sup>104</sup> Chabi Mohammed, Op.cit.

<sup>105</sup> Ibid.

jusqu'à l'extraction de l'air vicié. Cela sera abordé par la suite dans les procédés assurant le confort thermique en période chaude par le rafraîchissement passif.

#### d) Choix des matériaux de construction et couleurs des parois

La nature des matériaux joue un rôle important dans l'architecture bioclimatique, leurs chaleurs spécifiques, effusivité et diffusivité sont des caractéristiques principales qu'il faut manier avec attention pour constituer des enveloppes performantes en tenant compte de leurs orientations et de leurs usages (stocker, diffuser ou isoler). La couleur des parois influe aussi sur leurs degrés d'absorption et leurs capacités à emmagasiner de la chaleur, une couleur claire capte moins (et réfléchit plus) qu'une couleur sombre. Nous exposons ci-dessous quelques matériaux participant au bioclimatisme du projet :

##### ➤ Polycarbonate alvéolaire translucide

Utilisé sous forme de plaques, en toiture, ce matériau a été préféré au verre pour sa légèreté et pour ses performances en isolation thermique permettant de conserver davantage la chaleur pour chauffer passivement en hiver. De plus ce matériau permet de filtrer les UV tout en laissant passer la lumière. (Pour une  $e = 16\text{mm}$ ,  $u = 2,4\text{w/m}^2 \cdot \text{K}$ ,  $P = 2,5 \text{ Kg/m}^2$ ).

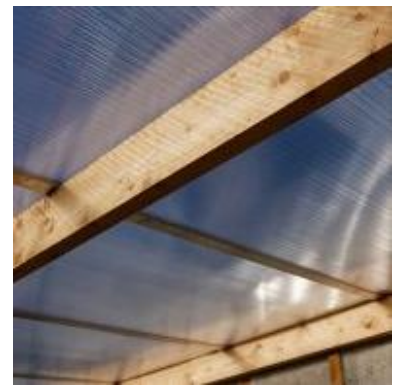


Fig. III. 41 : Toiture en plaques de polycarbonate

Source : [www.maisonentravaux.fr](http://www.maisonentravaux.fr)

##### ➤ Isolants (Panneaux de roseaux)

Des matériaux isolants (faible conductivité thermique) sont utilisés pour minimiser les déperditions thermiques, notamment au niveau des parties de l'enveloppe des bâtiments qui sont peu touchées par les rayons solaires. Les façades Nord sont isolées par des panneaux de roseaux, matériau disponible localement. Les planchers intermédiaires par des panneaux de polystyrène expansé tandis que les planchers terrasses sont isolés par des panneaux de liège expansé pour leur bonne résistance à l'humidité.

##### ➤ Briques creuses

Matériau utilisé pour la majeure partie de l'enveloppe du projet, cela se justifie notamment par la proximité de la briqueterie (économie des frais de transport). Les configurations de la brique et l'épaisseur des parois se justifient par l'usage des espaces intérieurs et leurs orientations :

##### ➤ Simple cloison en brique de 15cm

Au niveau des blocs contenus dans la serre et des façades Sud de tous les blocs pédagogiques et artistiques. Cela s'explique par l'intermittence de l'utilisation de ces espaces (uniquement la journée), d'où l'utilité de profiter de l'inertie thermique de ces parois : la chaleur

absorbée par ces dernières doit être rediffusé vers l'intérieur rapidement (déphasage thermique immédiat) pour chauffer passivement en hiver.

➤ **Matériau accumulateur**

Matériau à forte chaleur spécifique, qui accumule la chaleur captée durant la journée et qui la restitue vers l'intérieur durant la soirée après un déphasage de 06 h à 08 h. Ce type de matériau est utilisé au niveau des façades Sud de l'entité résidence pour pouvoir chauffer passivement les chambres d'étudiants, qui sont plutôt occupées la nuit.

➤ **Verre**

Le verre en simple vitrage est peu isolant, c'est ainsi que pour les fenêtres et autres baies vitrées, nous avons optés pour un double vitrage (04 mm/16 mm/04 mm) avec gaz rare (Argon) à l'intérieur et couche à faible émissivité pour mieux conserver à l'intérieure la chaleur reçue. Cela améliore confort thermique et acoustique. Quant aux parois de la serre, elles seront en triple vitrage pour s'assurer que la chaleur captée ne s'échappe pas en période froide et que cette dernière soit plutôt conservée et injectée directement vers les espaces intérieurs.

**e) Couleur des parois**

Pour les parois orientées Sud, le captage passif de l'énergie solaire en période froide sera accentué par des revêtements à couleur sombre, notamment pour celles qui bénéficient de protections solaires qui atténueront cet effet en période chaude.

Le revêtement au sol des espaces extérieurs sera de couleurs claires, des matériaux qui réfléchiront les rayons solaires et qui n'accumuleront pas la chaleur, évitant ainsi les surchauffes surtout en période estival.

**f) Zonage thermique**

Afin d'assurer un meilleur confort aux usagers des espaces intérieurs, ces derniers seront agencés suivant leurs besoins énergétiques : les espaces utilisés fréquemment, nécessitant d'être chauffés, seront orientés au Sud, tandis que l'orientation des autres espaces utilisés que périodiquement, ne sollicitant pas d'être chauffés de manière continue seront disposés au Nord.

**III.5.2.2. Stratégies Bioclimatiques**

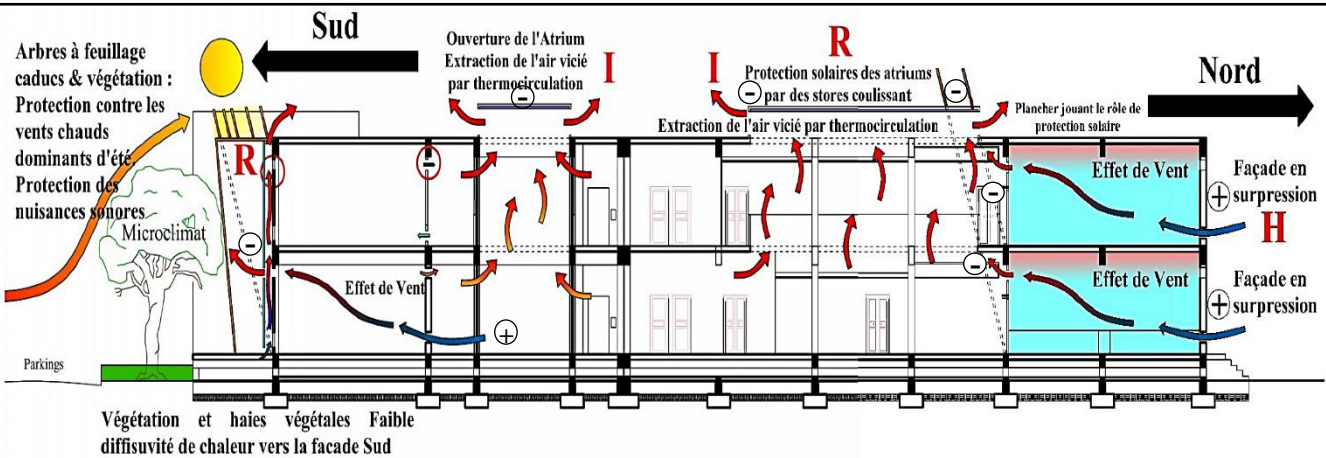
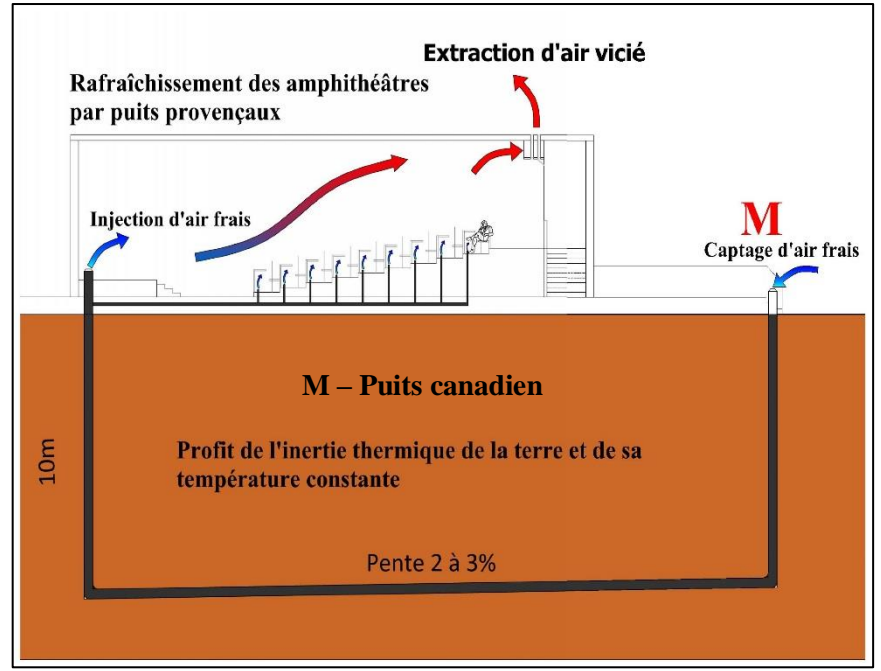
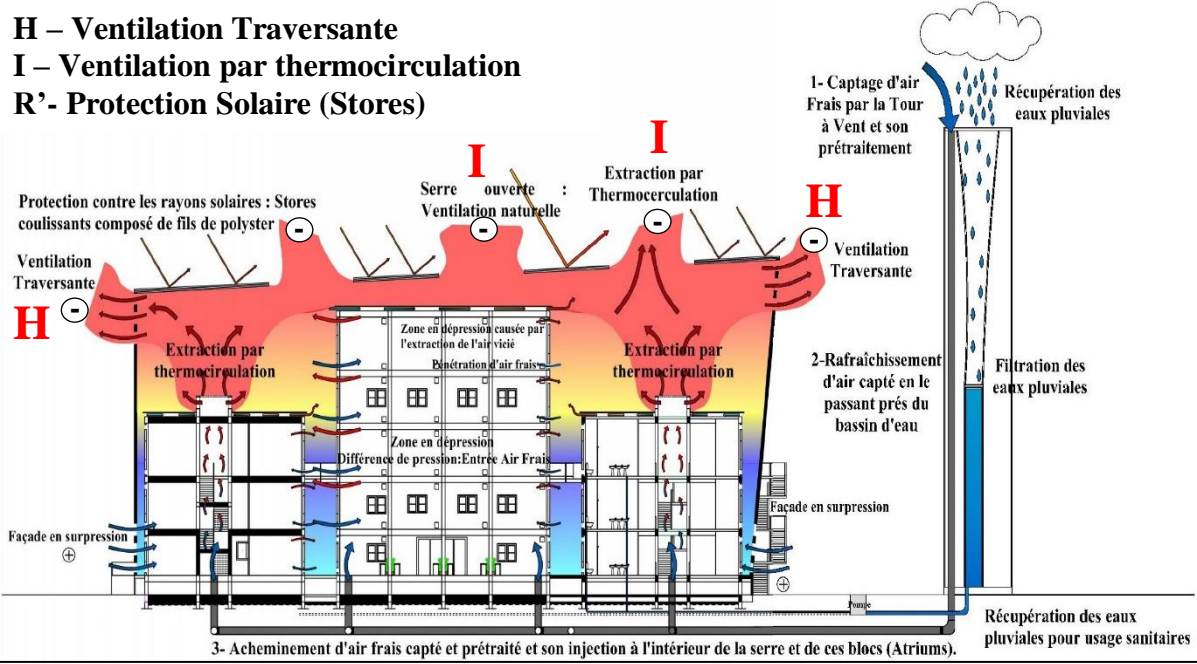
Afin de baisser la facture énergétique du projet tout en assurant un confort thermique optimal durant toute l'année nous avons fait appel à des procédés bioclimatiques que nous pouvons classer en quatre grandes familles : les procédés passifs, les procédés passifs indirects (ou actifs), l'apport des nouvelles technologies et enfin la gestion écologique au sein de notre projet.

Nous démontrons dans la figure suivante l'ensemble de ces dispositifs et techniques entreprises au sein du projet :

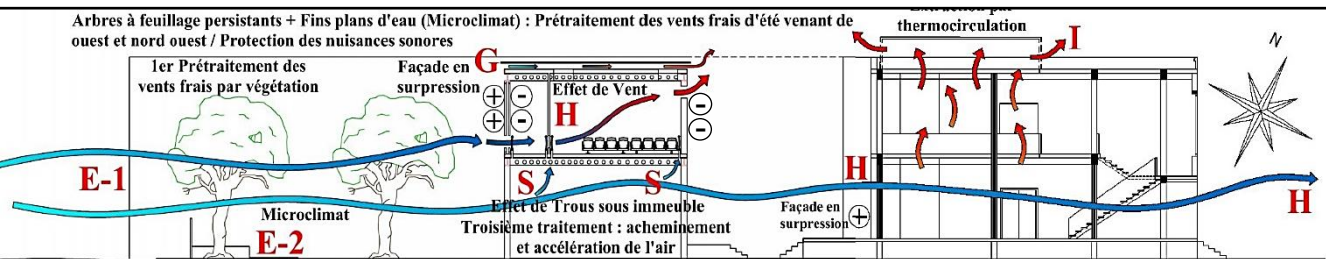


# Stratégie du froid en période de surchauffe

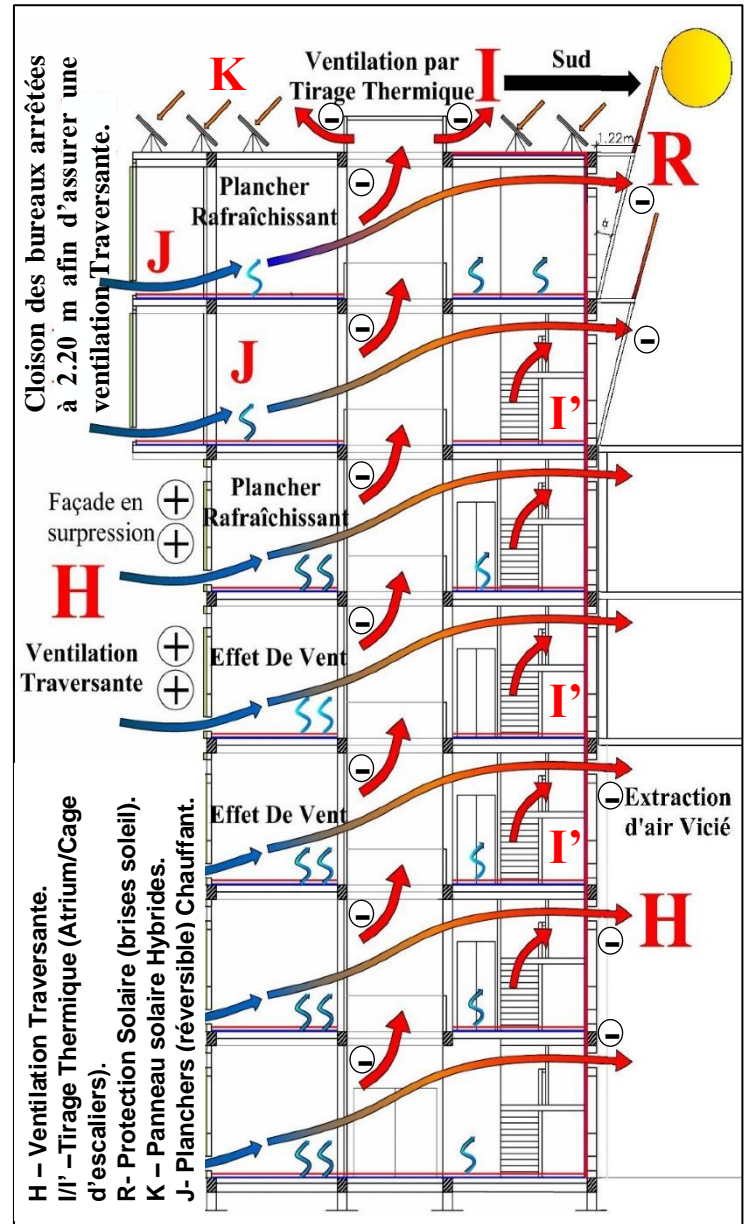
**H – Ventilation Traversante**  
**I – Ventilation par thermocirculation**  
**R' - Protection Solaire (Stores)**



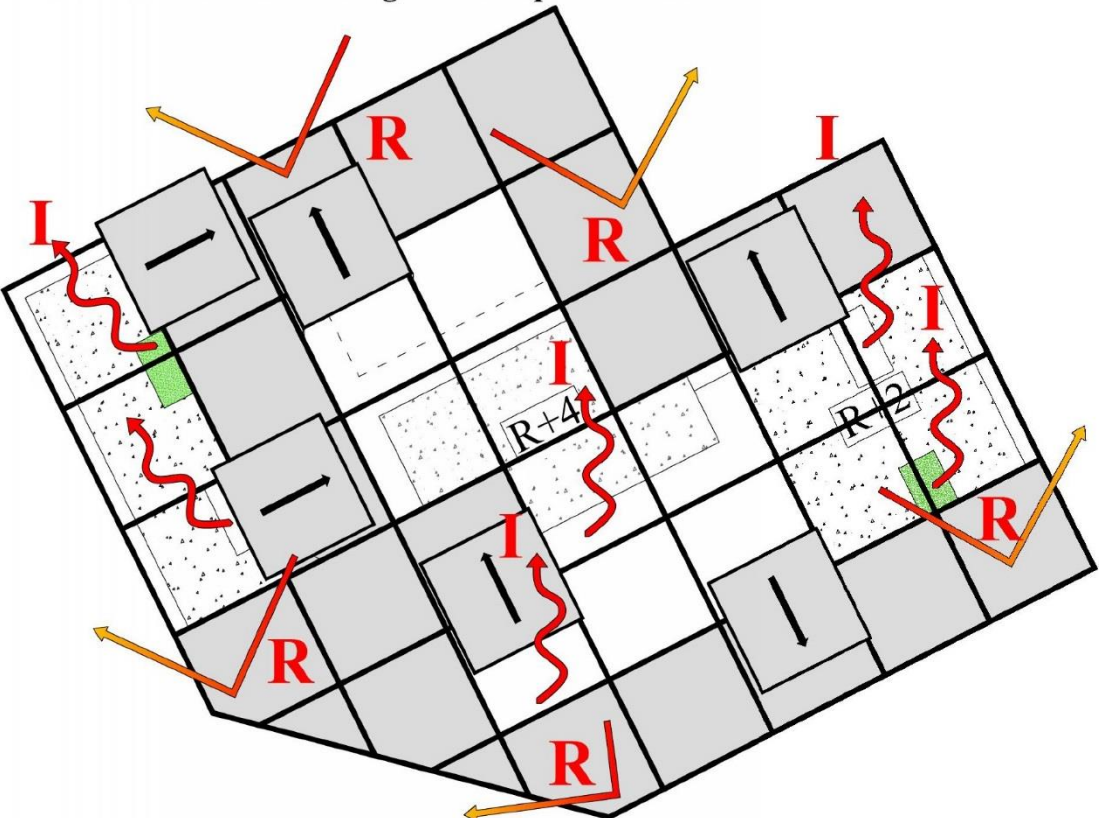
**H – Ventilation Traversante**  
**I – Ventilation par thermocirculation**  
**R- Protection Solaire (Galeries comme brises soleil)**  
**R' - Protection Solaire (Stores)**



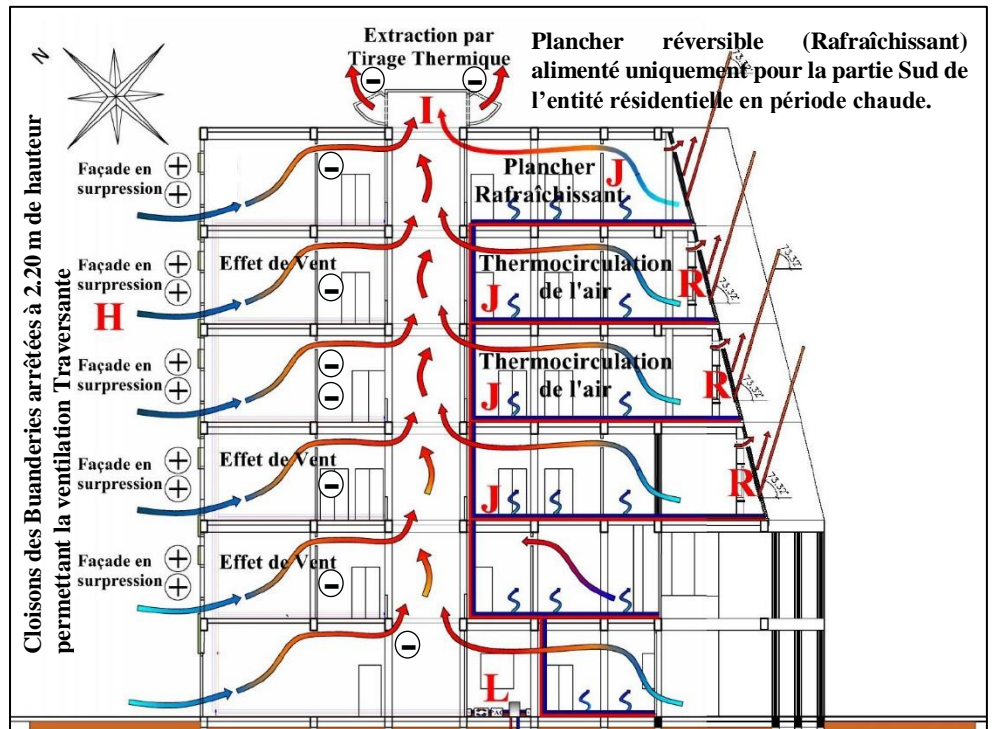
**E – Phases de prétraitement de l'air (Microclimat)**  
**H – Ventilation traversante**  
**I – Ventilation par thermocirculation**  
**G- Double Toiture ventilée (Toit Parasol)**  
**S- Injection d'air par vice d'Archimède revisité (renversé)**



**Serre ouverte en période estivale : Ouverture des panneaux de plaque de polycarbonate modulables permettant la ventilation naturelle par :**  
**I - Thermocirculation/Tirage Thermique de L'air.**



**R - Protection solaire par des stores coulissants de polyster**



**H – Ventilation traversante**  
**I – Ventilation par tirage thermique**  
**R' - Protection solaire (Loggia/Stores)**  
**J – Plancher réversible (Rafrâichissant)**  
**L – Pompe à chaleur**

Température constante de 17 °C à une profondeur de 10 m  
 La géothermie: Profiter de l'inertie thermique de la terre afin de chauffer l'entité résidence via planchers réversibles par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur.

### a) Procédés passifs

Les solutions bioclimatiques insérées au sein du projet, se baseront essentiellement sur des procédés passifs, ce choix se justifie par la volonté d'assurer les divers types de confort (visuel, thermique et acoustique) en utilisant des procédés simples, facilement concrétisable sans pour autant faire appel à des techniques coûteuses et difficile de mettre en œuvre. A ceci s'ajoute notre conviction qu'un projet bioclimatique réussi et énergétiquement efficace est celui qui assura les divers types de confort cités précédemment de manière passive en employant des sources d'énergie locales, gratuites et renouvelables ainsi qu'en exploitant les potentialités du site.

Cependant, en suivant cette logique et ce choix qui matérialisera la philosophie de départ que nous avons fixé, celle de « penser globalement et d'agir localement », nous avons eu recours, exceptionnellement, à des procédés actifs à certains emplacements bien ciblés dans le projet, là où les techniques passives ne peuvent être utilisées ou ne permettent pas de satisfaire les divers types de confort cités précédemment de manière optimale.

Commençons par exposer les techniques passives, sachant que certaines d'entre elles assurent le confort en période froide, tandis que d'autres assurent le confort en période chaude, nous avons classé, ainsi, les divers procédés passifs employés, en deux stratégies :

- **Stratégie du chaud en période de sous chauffe ;**
- **Stratégie du froid en période de sur chauffe.**

### ➤ Stratégie du chaud

Se base essentiellement sur l'énergie solaire directe. Nous distinguons les procédés suivants :

#### • Serre Bioclimatique : Cocon bioclimatique

##### - Pertinence du choix

Nous entamons les dispositifs passifs par notre serre bioclimatique (surnommée « cocon » en rapport à l'idée fédératrice) qui est utilisée à grande échelle, cette dernière fût choisie pour les divers avantages qu'elle apporte. En plus de permettre de profiter de l'éclairage naturel, elle permet de chauffer naturellement tout l'espace contenu à son intérieur notamment les 03 blocs pédagogiques en bénéficiant de l'énergie solaire.

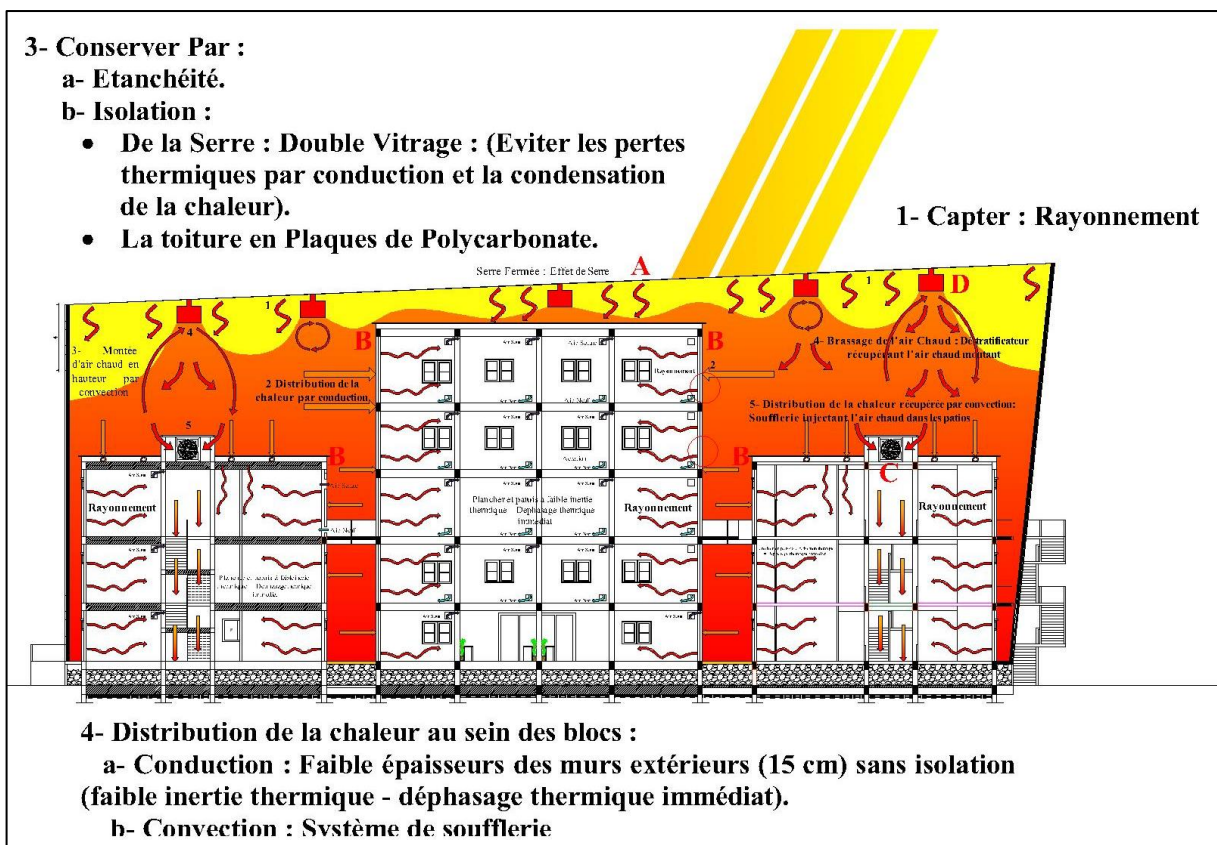


Fig. III. 42 : Exploitation de l'énergie solaire par le cocon bioclimatique en période froide

Source : Auteurs

##### - Mise en œuvre et fonctionnement dans le projet

En optant pour un verre à triple vitrage pour les côtés latéraux de la serre et pour une toiture conçue avec des panneaux en plaques de polycarbonate alvéolaires translucides, les rayons solaires, en période hivernale, pénètrent aisément à l'intérieur de la serre et s'emprisonnent par effet de serre, engendrant une augmentation considérable de température. Cette chaleur captée sera diffusée et distribuée par la suite au sein des blocs internes selon deux phénomènes :

### ▪ Conduction

En optant pour des parois externes de faible épaisseurs (15 cm) synonyme de faible inertie thermique et donc de faible déphasage thermique (ce qui est le cas aussi pour les parois internes et les planchers). Ceci aura comme conséquence le non stockage de la chaleur captée mais sa diffusion directe par ces parois externes vers l'intérieur des blocs par conduction puis par rayonnement radiatif, pour un usage immédiat durant la journée (période coïncidant avec le temps des cours dispensés aux étudiants).

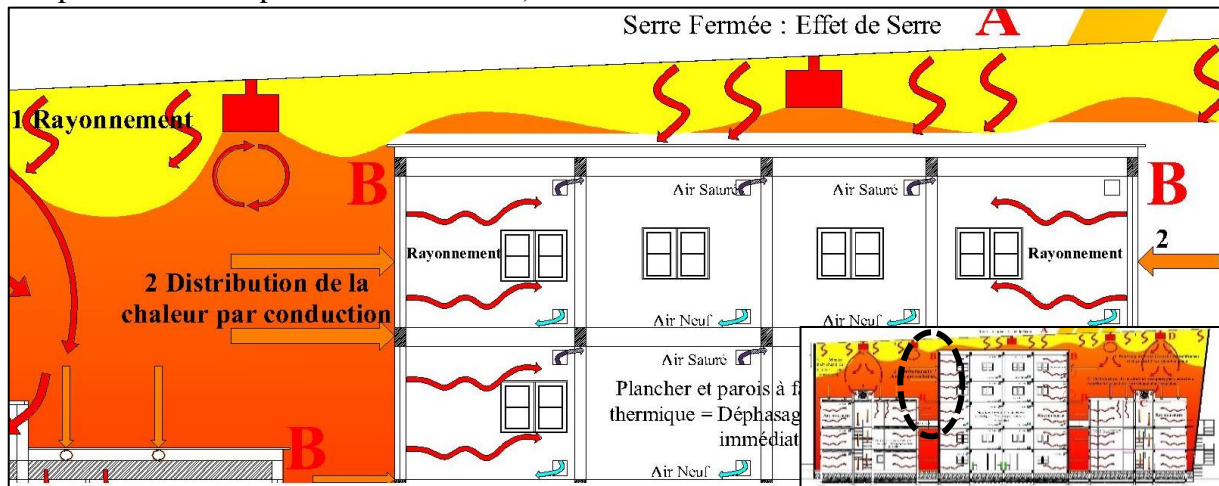


Fig. III. 43 : Injection de la chaleur par conduction à l'intérieur des blocs en période froide.

Source : Auteurs.

### ▪ Convection

Cette injection de chaleur naturelle sera appuyée par des dispositifs actifs qui sont les déstratificateurs thermiques et les souffleries. En effet, l'air chaud chauffé naturellement au sein de la serre, ayant tendance à monter en hauteur vu sa légèreté (son poids volumique bas), sera récupéré par des déstratificateurs thermiques placés en haut de la serre qui le feront redescendre : c'est le brassage de l'air chaud. Une fois cet air redescendu, il sera aspiré et injecté par des souffleries au sein des blocs internes dans des endroits bien ciblés tels que les patios pour permettre une distribution uniforme et plus homogène de cet air chaud à leurs intérieur.



Fig. III. 44 : Brassage de l'air chaud par déstratificateurs thermiques en période froide.

Source : Auteurs

Précisons que le verre à triples vitrages isolant des parois de la serre est employé dans le but d'éviter les pertes thermiques par conduction d'une part et la condensation de la chaleur au contact de ce dernier d'autre part, ce qui est le cas aussi en faisant appel aux plaques de polycarbonate (connues pour leurs grandes capacités isolantes) pour couvrir la toiture.

Ajoutons à cela que cette toiture et ces parois sont composées d'ouvrants amovibles, qui sont souvent en période froide, disposés en position fermée afin d'empêcher la chaleur de s'échapper. Leur ouverture en cette période se fera uniquement dans le but de renouveler l'air.

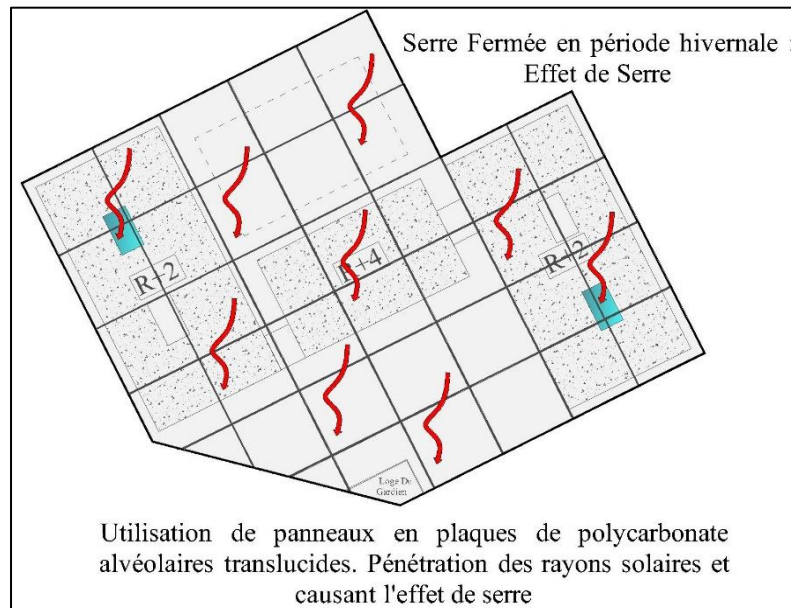


Fig. III. 45 : Toiture en polycarbonate du cocon en position fermée.

Source : Auteurs

En outre, notons que la serre est posée sur un socle composé de galets (matériau à forte inertie thermique / long déphasage thermique) permettant :

- D'une part, d'accumuler, stocker, et de distribuer la chaleur, occasionnellement, lorsque l'apport solaire directe est insuffisant (jours nuageux) mais aussi afin de créer un équilibre thermique (Bâtiments internes à faible déphasage thermique/socle à fort déphasage thermique jouant le rôle de régulateur thermique) ;
- D'autre part d'accumuler une partie de la chaleur captée, de la stocker puis de la distribuer, volontairement selon les besoins, vers des bâtiments extérieurs du cocon par un dispositif que l'on exposera par la suite.

En plus de recréer les diverses conditions de confort optimal pour ses usagers d'une manière réfléchie et plus originale, notre serre ne s'arrête pas à cela mais prend aussi en considération d'autres aspects tel que :

- **La légèreté** de l'enveloppe des blocs internes en optant pour des matériaux de construction de faible épaisseur permettant de diminuer le poids de ces immeubles et d'accroître les surfaces utiles exploitables à l'intérieur

- **Economie d'énergie et des coûts** : en assurant le confort hivernal de manière passive (chauffage naturel) : en confinant les bâtiments englobés à l'intérieur à zéro isolation thermique au sein d'un microclimat chaud rendant inutile le recours au chauffage actif (radiateurs).

- **Façade double peau**

- **Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet**

Ce procédé fut utilisé au niveau des façades Sud des diverses entités artistiques du projet. De plus de la grande capacité de ce procédé, permettant de chauffer passivement les ateliers de conception, son choix se justifie aussi par des raisons économiques, notamment pour les blocs A et B existant déjà composés de parois externes de 30 cm). En effet, au lieu de démolir complètement les parois externes qui les composent et de les remplacer par de nouvelles, nous avons tout simplement opté pour l'ajout une paroi à double vitrage à environ cinquante centimètres des parois préexistantes.

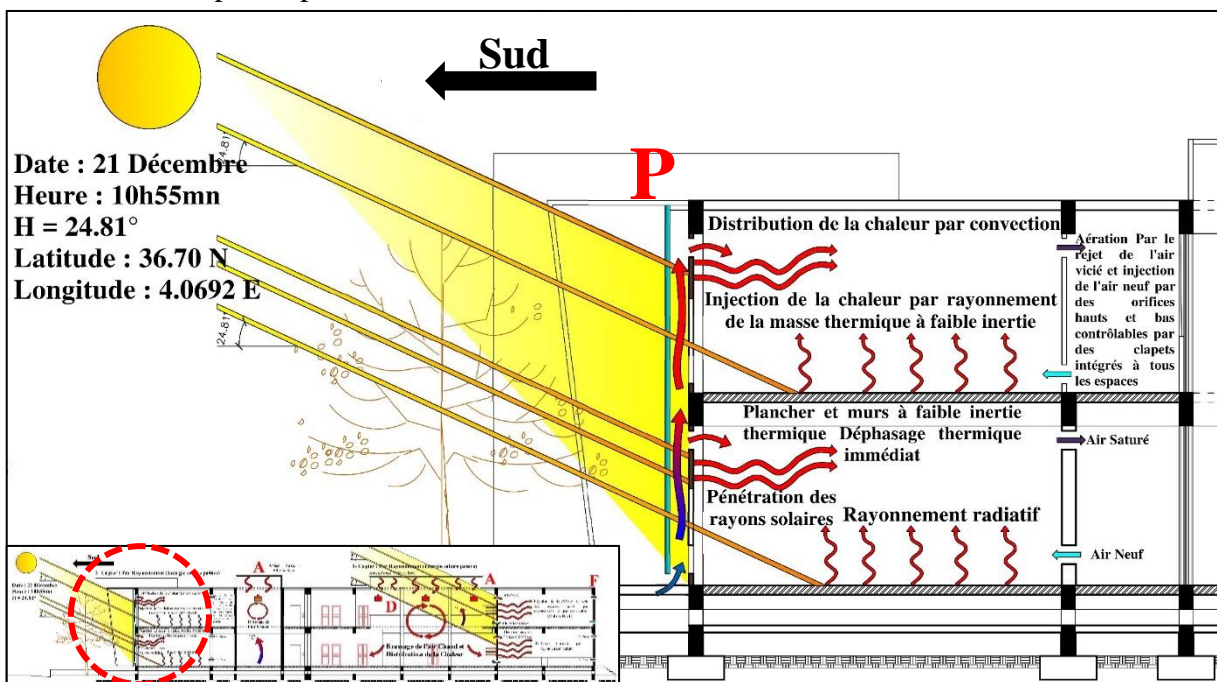


Fig. III. 46 : Toiture en polycarbonate du cocon en position fermée

Source : Auteurs

Précisons que le nombre de fenêtres sur les façades Sud existantes des blocs A et B ont été réduites ainsi que l'épaisseur des parois initiales constituées de maçonnerie (de 30 cm à 10 cm). Cette nouvelle paroi permet ainsi de chauffer les espaces Sud de manière passive grâce l'énergie solaire directe. Rappelons que le micro climat et les arbres situés de ce côté (à feuillage caduc) ne présentent pas d'obstacles pour la pénétration des rayons solaires, chauffant ainsi les ateliers de conception par deux phénomènes :

- **Rayonnement radiatif** : les rayons solaires chauffent la masse thermique de ces espaces (planchers et parois en maçonneries à faible inertie thermique / faible déphasage thermique) entraînant ainsi une diffusion directe et une transmission immédiate de cette chaleur.

### ▪ Convection naturelle

Grâce à l'entrée d'air ouverte en période froide, située entre la paroi vitrée et la paroi en maçonnerie, permettant à l'air froid extérieur de se chauffer naturellement par phénomène de thermo-circulation avant de réintégrer l'espace interne par les clapets hauts situés en haut des murs en maçonnerie.

Précisons que grâce à l'atrium créée au sein du bloc A, permettant la pénétration des rayons solaires et leurs emprisonnements par effet de serre (atrium fermé en Hiver jouant le rôle d'une serre), les espaces Nord de ce bloc sont chauffés de manière naturelle, eux aussi, par une solution solaire passive directe suivant les deux phénomènes cités précédemment.

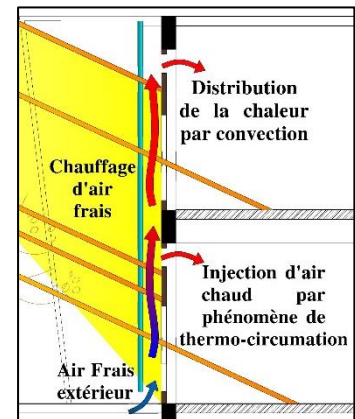


Fig. III. 47 : Convection de l'air au sein de la double peau  
Source : Auteurs

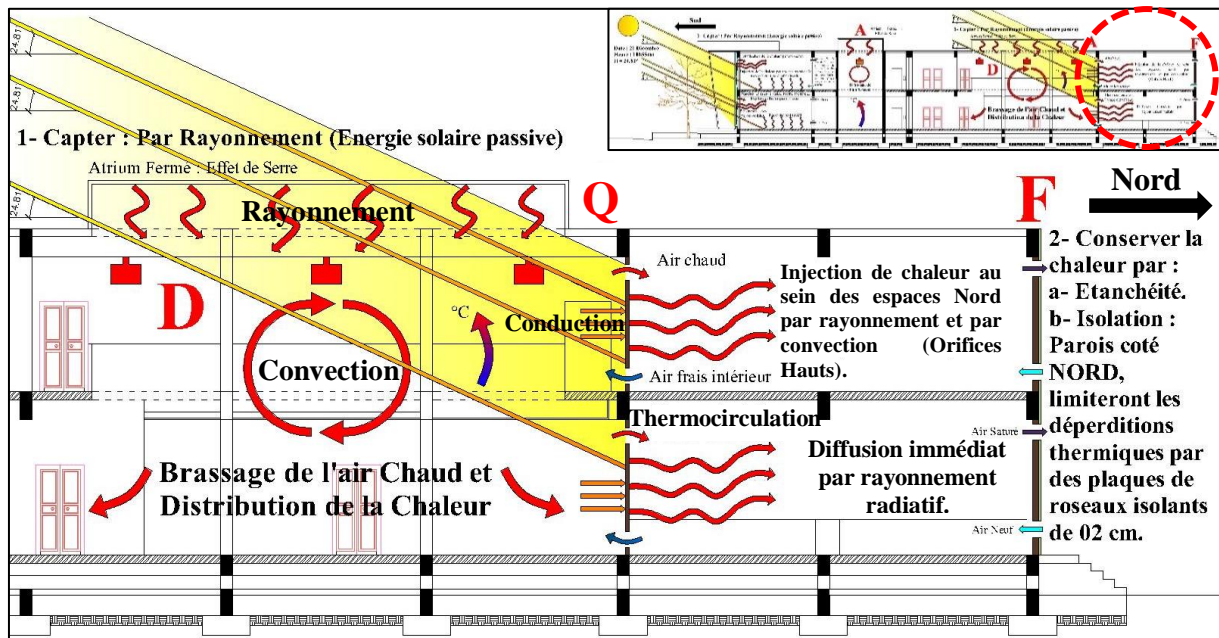


Fig. III. 48 : Captage, conservation et diffusion de la chaleur au sein du bloc A en période de sous-chauffe.  
Source : Auteurs.

- Murs capteurs accumulateurs
- Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet

Les murs capteurs accumulateurs employés dans l'entité résidentielle, (inclinaison vers le Sud pour un meilleur captage en période hivernale où la hauteur du soleil est plus basse), sont constitués :

- D'une paroi vitrée à double vitrage du côté extérieur ;
- Et d'un mur capteur accumulateur partiellement vitré comme paroi interne.

Les deux sont séparés par une surface exploitable « Loggia ». Le choix de ce dispositif s'impose par la fonction des espaces accueillis par l'entité où il est inséré. En effet, les chambres

résidentielles ne sont utilisées que par intermittence et pratiquement qu'en fin de journée et durant la nuit par les étudiants en retour d'études, de ce point de vue, la chaleur de la journée doit être absorbée, stockée et diffusée qu'à la fin de journée ce qui justifie, ainsi, parfaitement le choix ce dispositif précisément dans cette entité. Le fonctionnement du chauffage naturel (basé sur le solaire passif direct) dans ces chambres repose sur deux phénomènes :

- **Rayonnement radiatif :** Les rayons solaires pénétrant les parois vitrées chauffent la masse thermique durant la journée (planchers et murs en maçonnerie des parois internes). Cette dernière est conçue avec des matériaux à grande inertie thermique synonyme de long déphasage thermique), afin d'absorber plus de chaleur, de la stocker et de la diffuser par rayonnement radiatif que quelques heures plus tard (en fin de journée) pour chauffer passivement les chambres durant la nuit.

Le mur lourd est composé de blocs préfabriqués de béton de chanvre, matériau isolant à forte inertie thermique, à faible diffusivité (de 0.06 à 0.19 w/m.K) et à long déphasage. <sup>106</sup>

- **Convection :** Les rayons solaires pénétrant la première paroi vitrée chauffent naturellement l'air emprisonné dans l'espace intermédiaire « Loggia » par convection naturelle. La chaleur de cet air peut être transmise par conduction à la paroi en maçonnerie à son contact, ou encore en ouvrant des clapets modulables situés en hauts des murs précédemment cités pour permettre la pénétration de cet air chaud par effet de thermo circulation.

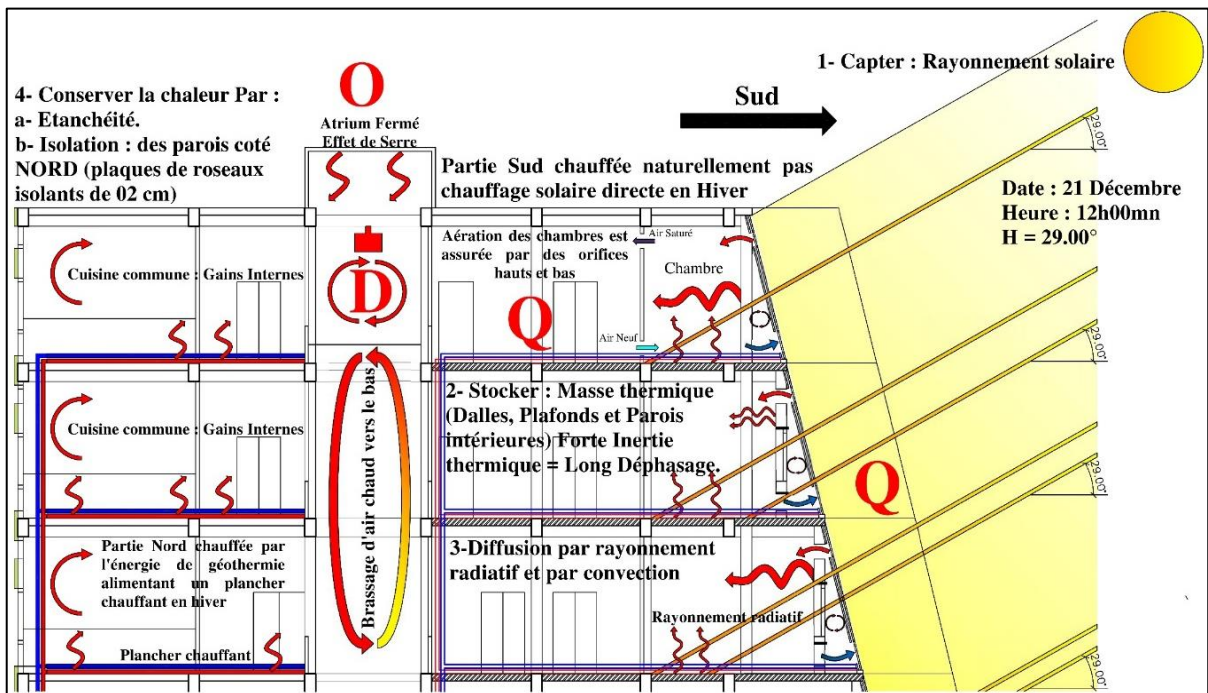


Fig. III. 49 : Fonctionnement du mur capteur accumulateur de l'entité résidentielle.

Source : Auteurs

<sup>106</sup> Team Solar Bretagne, « Béton de chanvre » (PDF) [En Ligne], disponible sur <<http://teamsolarbretagne.fr/wp-content/uploads/2016/10/041-Beton-de-Chanvre.pdf>>, consulté le 10.05.2019

## • La Géothermie

### Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet

Ce procédé permet d'obtenir un confort thermique autant en période hivernale qu'en période estivale grâce à l'inertie thermique de la terre. En effet, à une profondeur de 10 m approximativement (à T.O) la température de la terre est bornée entre 17°C et 18 °C<sup>107</sup>. Afin de profiter de cette température constante nous faisons appel à la géothermie superficielle pour chauffer l'entité résidentielle en Hiver et ceci en ayant recours aux planchers réversibles (chauffant en hiver) par l'intermédiaire d'un fluide (air) par l'utilisation de la pompe à chaleur afin d'assurer une récupération des calories chaudes pour une meilleure efficacité énergétique.

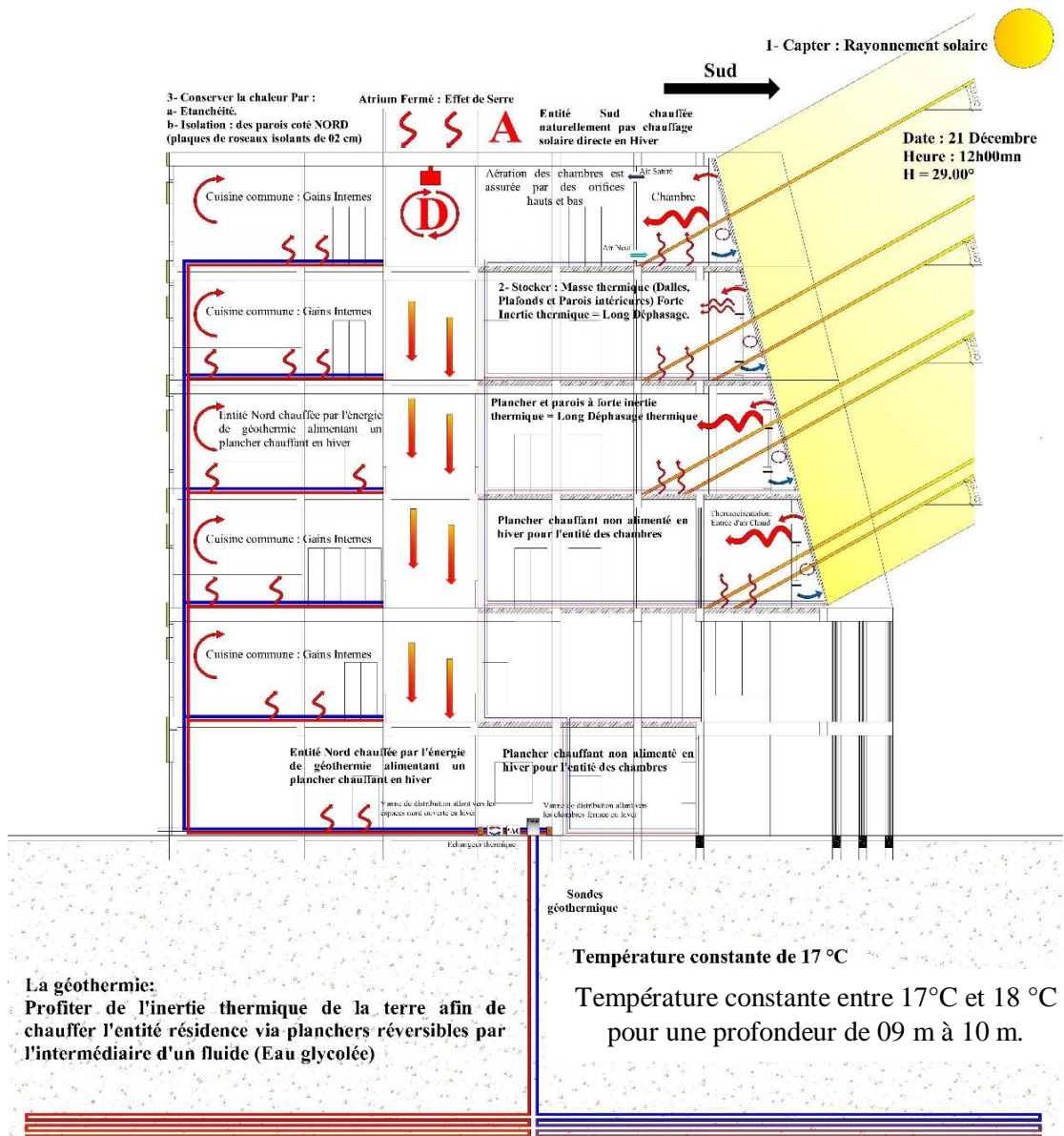


Fig. III. 50 : Utilisation de la géothermie au niveau de l'entité résidentielle

Source : Auteurs

<sup>107</sup> Hakim Mohellebi, Chauffage et Climatisation par Géothermie en Kabylie, Présentation lors du 82<sup>ème</sup> Congrès de L'ACFAS du 12 au 16 Mai 2014, Université Concordia – Québec, Disponible sur : [www.univ-tebessa.dz/fichiers/tizi-ouzou/Mohellebi\\_H.pdf](http://www.univ-tebessa.dz/fichiers/tizi-ouzou/Mohellebi_H.pdf), P.11, consulté le 03/05/2019.

Précisons que pour des raisons d'économie d'énergie et pour une meilleure efficacité énergétique, nous avons conçu deux vannes de distribution alimentant le plancher réversible, en effet, une vanne de distribution alimente les conduites du plancher réversible allant vers les espaces Nord de la résidence tandis que la deuxième alimente les conduites du plancher réversible allant vers les espaces Sud accueillants les chambres. Sachant que ces derniers sont passivement chauffés tel qu'expliqué au niveau du procédé précédent, il ne s'avère pas nécessaire d'alimenter cette partie en Hiver pour la chauffer d'où la fermeture de la vanne de distribution alimentant ce côté.

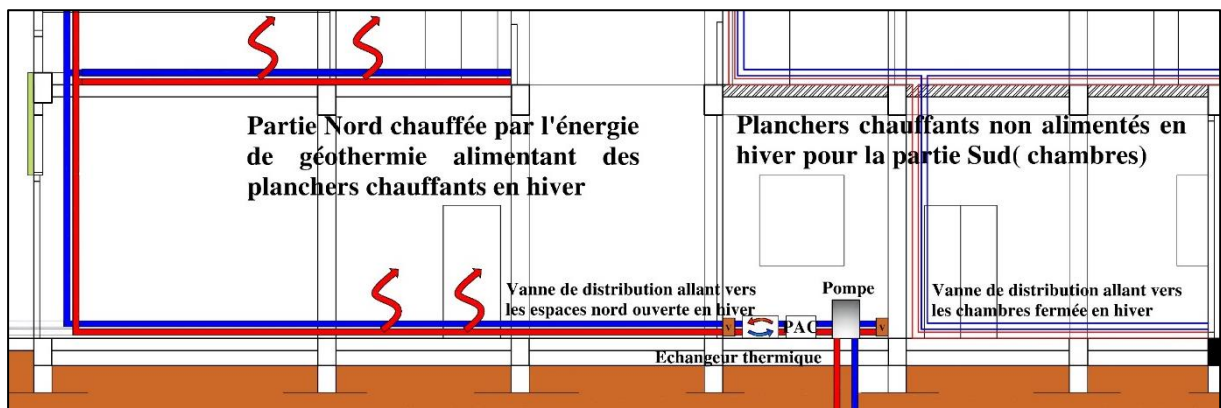


Fig. III. 51 : Chauffage de la partie Nord de la résidence par plancher réversible  
Source : Auteurs

En revanche, l'autre partie de la résidence, ne recevant pas de rayons solaires vu sa position Nord, nécessite d'être chauffé d'une autre manière que le procédé solaire passif direct, d'où le recours à l'énergie géothermique et l'alimentation du plancher réversible de ce côté en période hivernale.

Nous sommes persuadés que la profondeur choisie (10 m) est suffisante pour chauffer indirectement l'entité Nord de la résidence, en effet, les espaces projetés au sein de cette dernière (cuisines communes...) nécessitent pas un chauffage et des températures aussi élevées vu leurs utilisations intermittentes, à ceci s'ajoute les gains internes produits par ces espaces (cuisinières ...) rendant la température ressentie plutôt confortable en période hivernale.

- **Puits canadiens**

#### **Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet**

Le dispositif sera utilisé dans les entités des amphithéâtres pour les chauffer de manière passive. En effet, les exigences acoustiques de ces espaces imposent une opacité de ces enveloppes ce qui rend le chauffage solaire passif direct impossible pour ces derniers. C'est ce qui justifie le recours à l'inertie thermique de la terre et l'emploi de ce procédé précisément dans ces entités. L'air prétraité en amont est capté par des bornes puits mis en circuit dans des conduites sous-terraines, à 10 m de profondeur, ce qui lui permet de se réchauffer pour atteindre

une température approximative de  $17\text{ °C}^{108}$  avant d'être injecté par la suite dans la partie basse des amphis (à une hauteur de 1.50 m) et sous les sièges afin de chauffer ces entités de manière passive par convection et d'assurer le confort thermique intérieur auquel les gains internes participent (chaleur générée par 200 étudiants).

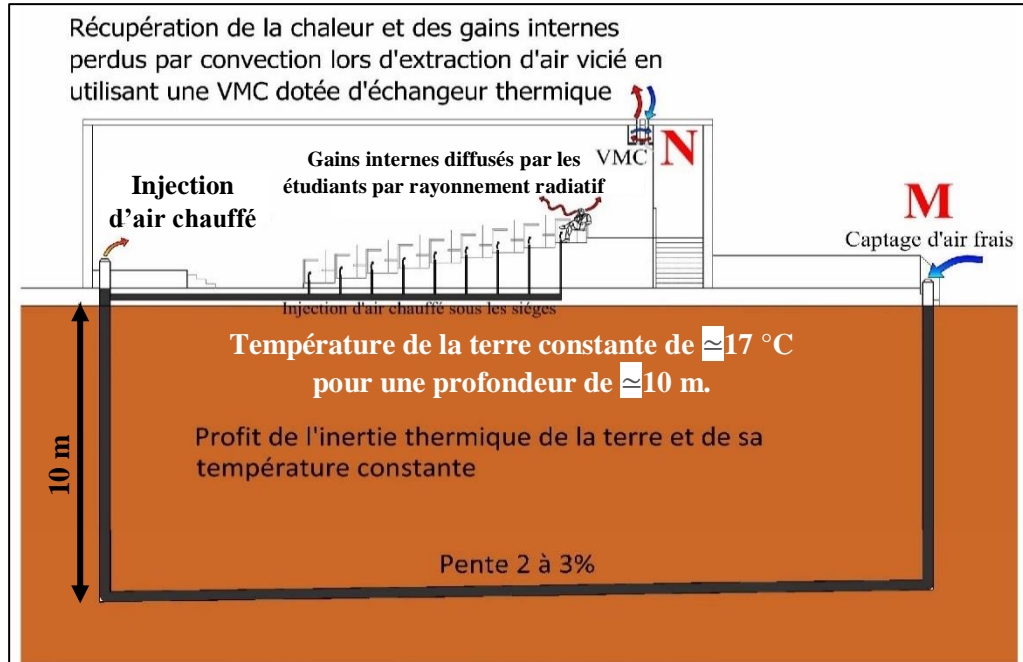


Fig. III. 52 : Fonctionnement du puits canadien au niveau des amphithéâtres en période froide  
Source : Auteurs

Avant de clôturer la stratégie du froid, précisons que pour conserver la chaleur captée, et faire face aux déperditions thermiques une isolation s'avère nécessaire. C'est ce qui justifie le recours à une isolation thermique par l'extérieur, cette dernière sera appliquée au niveau des entités artistiques, de l'entité doctorat, des amphithéâtres ainsi que de l'entité résidentielle. Cette isolation sera disposée du côté Nord des parois externes, pour les divers avantages qu'elle propose notamment, celle du profit de l'inertie thermique que ça soit en hiver ou en été (accumulation de la chaleur/froid et rediffusion immédiate). Notons que les murs capteurs accumulateurs (notamment conçus dans la partie Sud de l'entité résidentielle) jouent indirectement le rôle d'isolation thermique et ceci par leurs grandes inerties thermiques.

En parlant d'isolation thermique, précisons que des toitures végétalisées furent employées dans certains entités du projet, vu le complexe isolant-substrat (terre-végétation) agissant comme isolant extérieur, ceci sans oublier les divers autres avantages qu'elles offrent en termes d'étanchéité, de résistance au feu, aux vents et de la disponibilité locale de la terre végétale.

Notons pour finir, que pour assurer le renouvellement de l'air intérieur naturellement en période froide des orifices bas et hauts dotés de clapets sont disposés à divers endroits du projet.

<sup>108</sup> Hakim Mohellebi, Op.cit., P 11.

## ➤ Stratégie de froid

### • Protections solaires

#### - Débords de toiture horizontaux

#### Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet :

En plus de répondre à ses exigences fonctionnelles (élément couvrant les galeries d'accès et de passage aux blocs artistiques du projet), ces éléments conçus aux cotés Sud-Est jouent parfaitement le rôle de protections solaires estivales. Ce choix pris dès le départ de la conception, se justifie aussi par des raisons esthétiques : afin de faire face aux rayons solaires estivaux par un geste architectural pensé à la place de simples brises soleils horizontaux jugées monotones et vus tel des ajouts sur les façades.

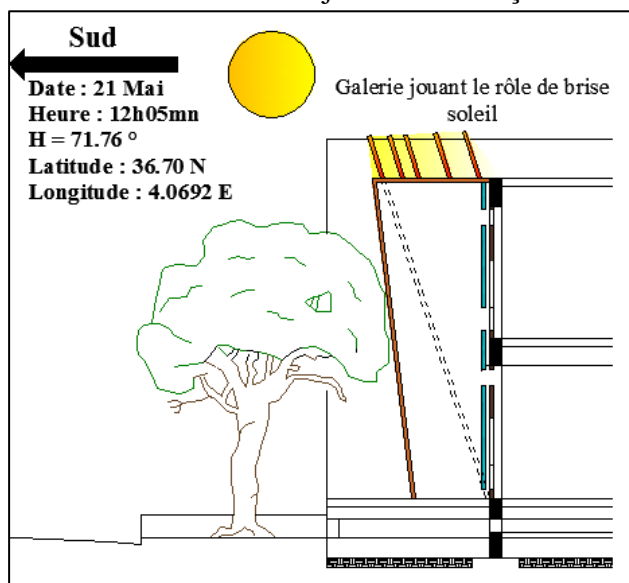


Fig. III. 53 : Protection solaire de la façade Sud-Est du bloc «A».

Source : Auteurs.

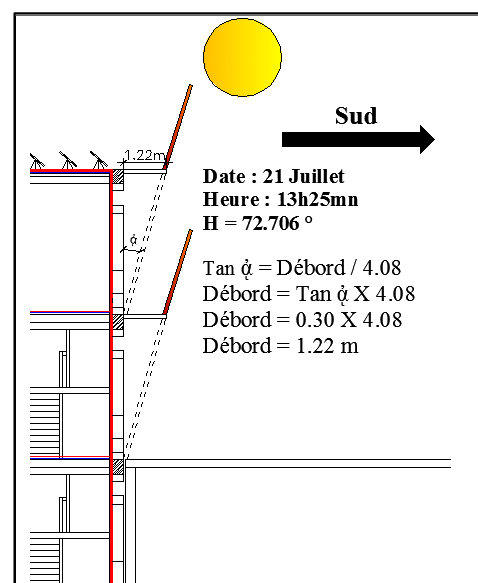


Fig. III. 54 : Protection solaire de l'entité doctorat.

Source : Auteurs

Concernant l'entité doctorat, vu l'absence d'accès à cette dernière de son côté Sud-Est d'une part et vu sa grande hauteur (R+6) d'autre part, il ne s'avère pas possible ni intéressant d'étaler une galerie à une telle hauteur pour se protéger des rayons solaires estivaux, voilà pourquoi nous nous sommes référés, exceptionnellement, aux débords de toitures marquant ainsi leur présence sur les deux derniers niveaux de l'entité comme brises soleil horizontaux. Notons que le reste des niveaux est protégé par le volume d'articulation mitoyen avec l'entité artistique de master.

La profondeur de ces protections solaires horizontales est calculée de telle sorte à empêcher la pénétration des rayons durant une certaine période (été) (correspondant à une hauteur donnée du soleil) tout en les laissant passer en période hivernale afin d'assurer un chauffage passif.

Etant donné que l'année universitaire s'étale du mois de Septembre jusqu'à fin Juin, il s'avère logique de prendre, dès le départ de la réflexion, la date de 21 Juin comme référence pour le calcul des débords solaires horizontaux, or la hauteur du soleil au mois de Mai est plus basse que celle au mois de Juin, en d'autres termes, la largeur du débord horizontal calculée selon le mois de Juin ne sera pas efficace pour faire face aux rayons solaires en Mai. C'est ainsi que nous choisismes la date de 21 Mai comme référence pour le calcul des brises soleils horizontaux que ça soit pour les entités (licence-master) et même résidentielles. Notons que pour l'entité doctorat, la date de 21 Juillet a été fixée pour les calculs précédents vu l'utilisation de ces espaces par les chercheurs durant toute l'année tout en sachant, d'une part, que la hauteur du soleil durant ce mois (Juillet) est plus basse que celle du mois de juin et que la température est plus élevée d'autre part.

#### **Application Numérique :**

Pour le 21 Mai à 12h05 à Tizi-Ouzou la hauteur du soleil est de  $H = 71.76^\circ$

$90^\circ - 71.76^\circ = 18.24^\circ$  ;  $\blacktriangleright A = \tan(18.24^\circ) \times 6\text{m}$  ;  $\blacktriangleright A = 1.97\text{m}$ .

#### ▪ **Brises soleils verticaux**

Des lattes en bois verticales, jouant le rôle de brises soleils verticaux. Elles sont disposées au niveau des ouvertures en façades Sud-Est et Sud-Ouest des blocs artistiques afin de protéger les ateliers des apports solaires latéraux (Est et Ouest) excessifs en période chaude tout en évitant l'éblouissement.



*Fig. III. 55 : Brisés soleils verticaux des entités artistiques  
Source : Auteurs.*

#### ▪ **Stores anti-chaueur**

#### **Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet**

En plus de l'utilisation de ces stores coulissants en fils de polyester en dessous de tous les atriums, conçus dans les diverses entités du projet, dans le but d'empêcher la pénétration des rayons solaires en période estivale, ces derniers sont principalement utilisés au niveau



*Fig. III. 56 : Stores employés au niveau des toitures translucides de l'école  
Source : Auteurs*

de la toiture du cocon bioclimatique. Plus précisément en dessous des modules fixes des plaques en polycarbonate translucides (parties qui ne s'ouvrent pas) pour optimiser la protection contre la pénétration des rayons solaires en période chaude et ainsi éviter la surchauffe de la serre et des trois bâtiments englobés par cette dernière.

Ces mêmes stores sont employés au niveau des deux blocs résidentiels afin de protéger les chambres des rayons solaires d'été. En effet, vu que ces dernières ne sont utilisées principalement qu'en période hivernale (Période estivale coïncidant avec les vacances des étudiants), il s'avère largement suffisant, de faire appel, uniquement, à des stores coulissants internes, commandables, afin d'empêcher la pénétration des rayons solaires durant cette courte période chaude concernant cette entité (de fin Avril à fin Juin approximativement).

En parlant de l'entité résidentielle, notons que les loggias conçues jouent, elles-mêmes, aussi le rôle de protections solaires en les disposant en avant plan au côté sud tout en reculant les chambres en arrière-plan afin de les protéger des rayons solaires directes.

▪ **Double toiture ventilée**

**Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet**

Contrairement à la période hivernale, où l'ouverture zénithale, constituée de lamelles orientables ouvertes et orientées parallèlement aux rayons solaires afin de laisser leurs pénétrations et de chauffer

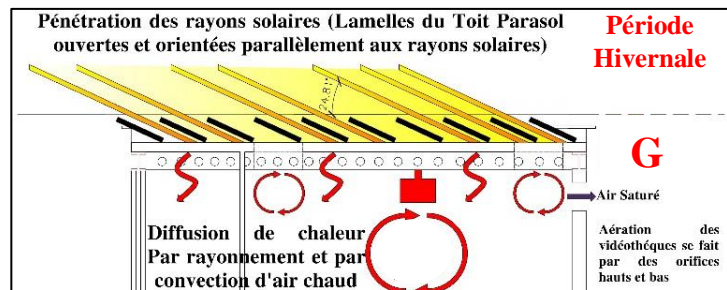


Fig. III. 57 : Double toiture ventilée ouverte couvrant les articulations en période froide.  
Source : Auteurs.

directement la toiture inférieur, et où les ouvertures latérales sont fermées afin d'éviter les déperditions thermiques, le principe de fonctionnement de ces ouvertures sont inversées. En effet, les lamelles de l'ouverture zénithale sont fermées permettant la non pénétration des rayons solaires, mais le chauffage par convection de l'air compris entre les deux toitures, rentrant par l'un des orifices latéraux. Cet air devenant plus léger s'échappera par la suite par l'orifice opposé par effet de thermocirculation, accéléré par la légère pente de la toiture supérieure inclinée créant ainsi un rétrécissement (effet venturi).

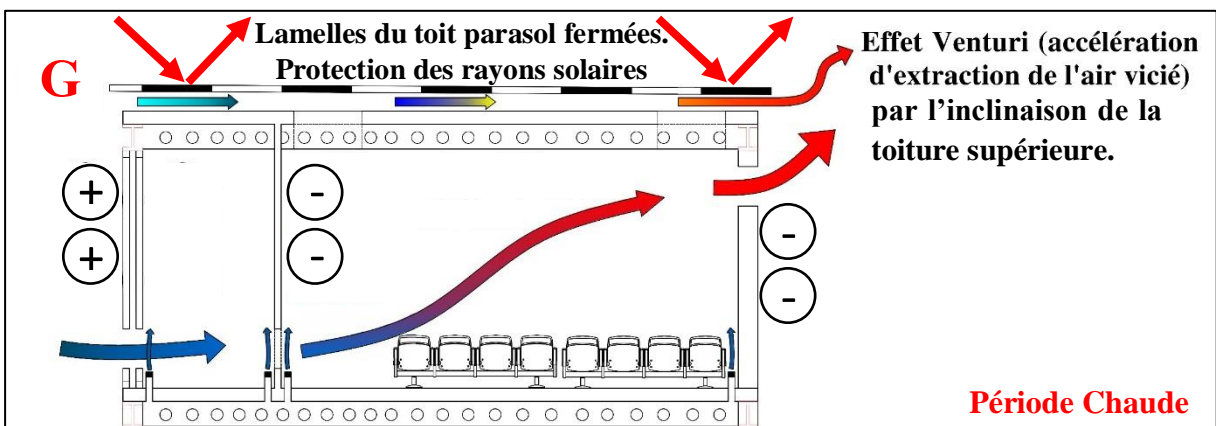


Fig. III. 58 : Double toiture ventilée couvrant les articulations en période chaude  
Source : Auteurs

Nous clôturons les dispositifs de protection en rappelons que de la végétation (arbres à feuillage caduc) a été implantée le long des façades Sud, jouant, ainsi, le rôle d'écrans naturels contre les rayons solaires en période estivale.

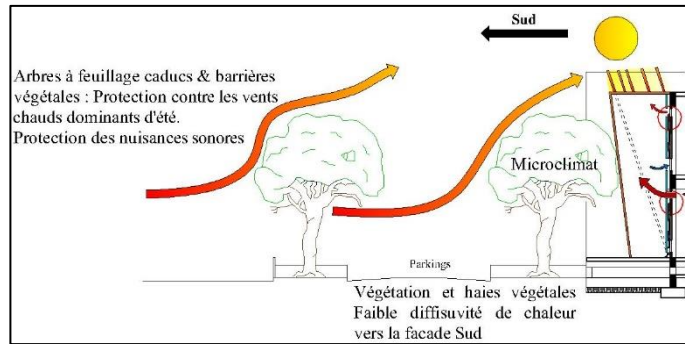


Fig. III. 59 : Arbre à feuillage caduc en protection solaire en période chaude.  
Source : Auteurs.

• **Rafrachissement passif par ventilation naturelle**

Pour rester dans l'optique d'un confort thermique optimal associé à une efficacité énergétique, une protection des rayons solaires doit nécessairement être accompagnée d'une ventilation naturelle (notamment pour un site dont l'été est chaud et humide tel que l'Ex-Habitat). Différents systèmes permettent de ventiler naturellement :

- **Effet de vent (Ventilation transversale)**

Ce procédé fût utilisé afin de rafraîchir la plupart des entités du projet notamment le bloc A, l'entité master, l'entité doctorat, l'entité résidentielle ... sans oublier le cocon bioclimatique. La ventilation transversale au sein de ce dernier est assurée par l'ouverture des lucarnes (ouvrants amovibles) situés en bas de la serre le long des cotés Nord-Ouest et Ouest (exposées aux vents frais captés et prétraités) afin de les injecter à son intérieur et avant de les chasser, par la suite, une fois chauffés par des orifices hauts situés au côté opposé (Sud –Est).

Notons que le même principe est utilisé pour la ventilation traversante des autres entités (injection d'airs frais prétraités préalablement par des orifices bas et son extraction une fois chauffés par des orifices hauts).

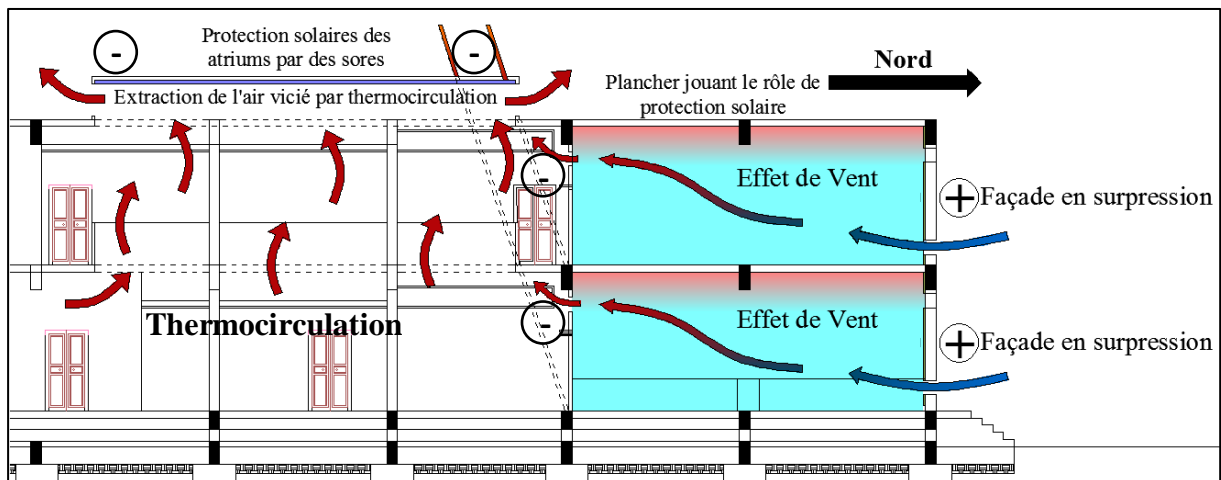


Fig. III. 60 : Ventilation traversante au niveau du bloc « A ».  
Source : Auteurs.

## - Thermo circulation de l'air

### Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet

On a fait appel à ce procédé dans la plupart des entités du projet pour évacuer l'air chaud, dissiper l'excès de chaleur et ainsi rafraîchir passivement les espaces intérieurs en période chaude. Ce phénomène se produit notamment à travers le couronnement des atriums projetés et des cages d'escaliers finissant par des lucarnes latérales ouvertes en été permettant une ventilation naturelle causée soit par une thermo circulation de l'air concernant les entités à bas gabarits (entités artistiques licence) ou bien accéléré par un tirage concernant les entités de hauts gabarits (entités artistiques master, entités doctorat et entités résidentielles).

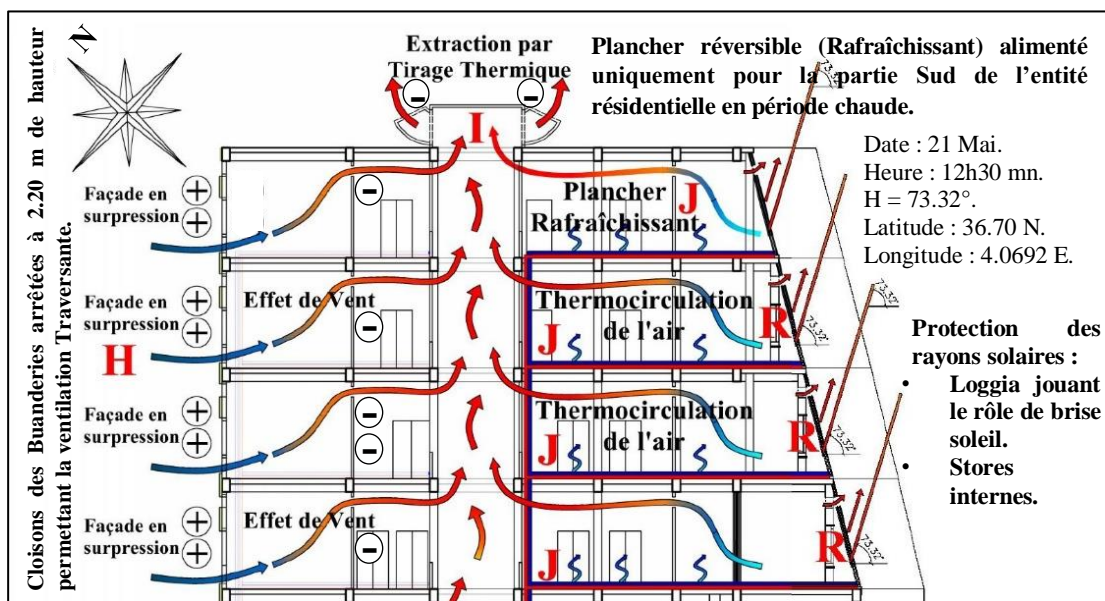


Fig. III. 61 : Extraction de la chaleur par tirage thermique au niveau de l'entité résidence  
Source : Auteurs

Ce procédé est appliqué aussi au niveau du cocon bioclimatique. En effet, l'effet de thermo circulation se produit non seulement sur les bâtiments qu'elle inclut (grâce aux atriums et cages d'escaliers ouvertes en période estivale) mais aussi sur le reste de l'espace que la serre englobe, et ceci par l'ouverture partielle de la toiture grâce au coulisage des modules ouvrants (plaques en polycarbonate) permettant ainsi à l'air chaud de se dissiper vers l'extérieur.

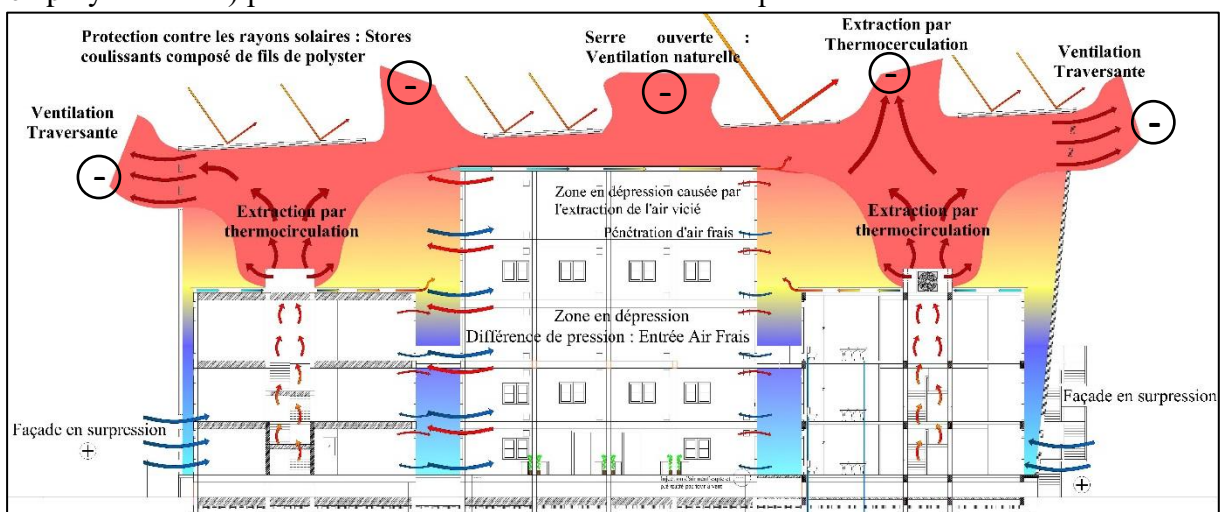


Fig. III. 62 : Extraction de la chaleur au niveau du cocon bioclimatique  
Source : Auteurs





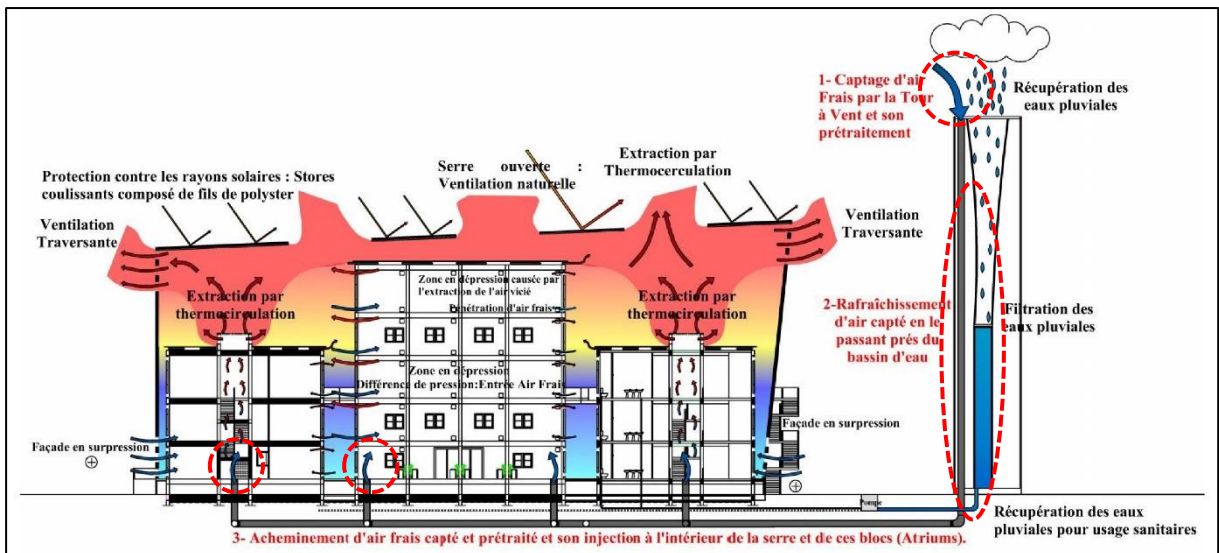


Fig. III. 65 : Apport de la tour à vent pour la ventilation naturelle du cocon  
Source : Auteurs

#### - Vis d'Archimède revisitée (Renversées)

Ces dernières permettront d'injecter l'air frais capté, prétraité au sein des blocs d'articulations (vidéothèques), et ceci en les renversant de telle sorte à faire face aux vents précédents accumulés par effet de trou sous immeuble, ce qui explique leurs emplacements au-dessus des passages des divers blocs d'articulations.

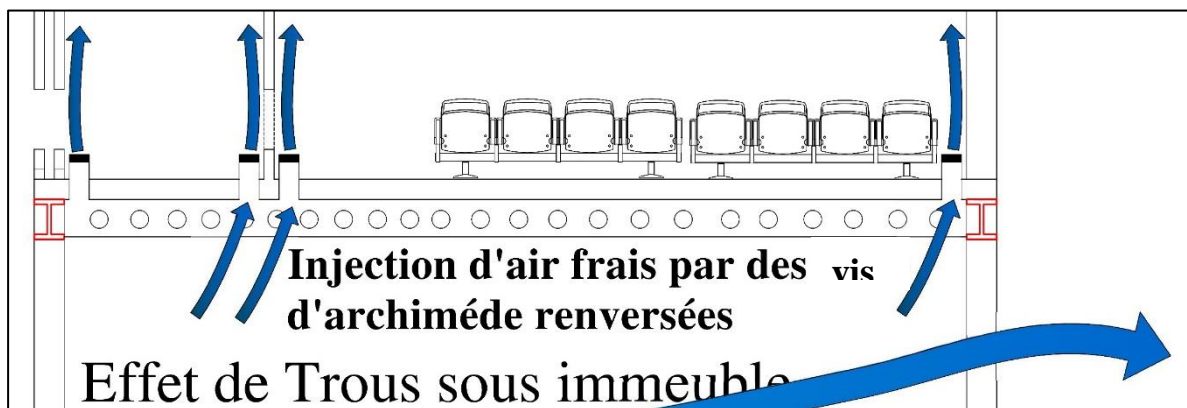


Fig. III. 66 : Captage et injection de l'air frais par vis d'Archimède renversées.  
Source : Auteurs

#### • La Géothermie

Concernant l'énergie géothermique, telle que mentionnée dans la stratégie précédente (chaude), deux vannes de distribution alimentent le plancher réversible (rafraîchissant en été) des deux parties (Nord et Sud) des blocs résidentiels. Etant donné que la partie Nord est rafraîchie naturellement, par une ventilation traversante assurée par l'effet de vent, cette dernière ne nécessite pas d'être alimentée par le plancher réversible pour être rafraîchie.

En revanche, c'est la deuxième partie orientée au Sud qui devra l'être en période estivale, car celle-ci ne bénéficie d'aucune source d'air frais, ce qui justifie l'alimentation du plancher réversible de cette partie afin de la rafraîchir.

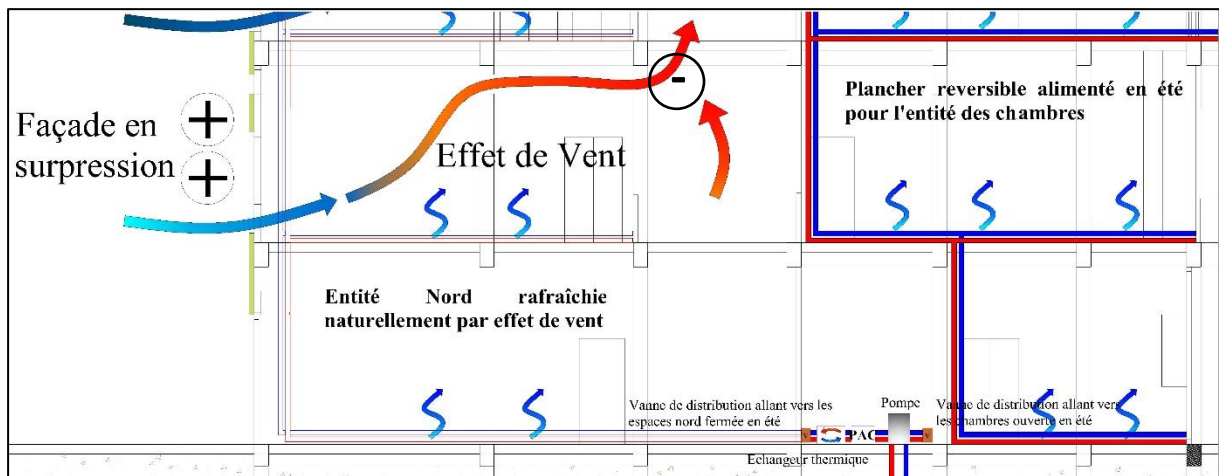


Fig. III. 67 : Rafraîchissement de la partie Sud de l'entité résidentiel par plancher réversible

Source : Auteurs

### • Puits provençaux

La dépendance aux exigences acoustiques des amphithéâtres (opacité des enveloppes et minimisation des ouvertures rendant la ventilation naturelle minime voire impossible dans ces entités) nous a poussés à faire appel à un autre dispositif afin de les rafraîchir. C'est pourquoi nous choisissons les puits provençaux

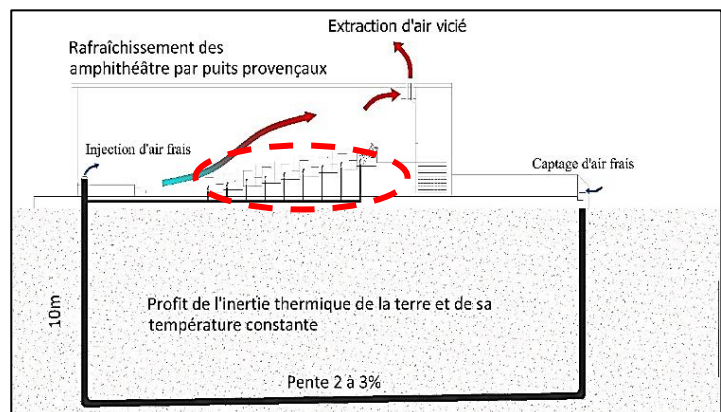


Fig. III. 68 : Ventilation des amphithéâtres par puits provençaux

Source : Auteurs.

provençaux afin de profiter de l'inertie thermique de la terre. En effet, l'air frais prétraité en amont est capté par des bornes puis mis en circuit dans des conduites sous-terraines, à 10 m de profondeur où la température est constante et avoisinante de 17 °C. Cet air est injecté par la suite dans la partie basse des amphis (à une hauteur de 1.50 m) et sous les sièges afin de rafraîchir ces entités de manière passive par convection et d'assurer le confort thermique. L'air chaud est extrait par la suite par effet de thermo circulation.

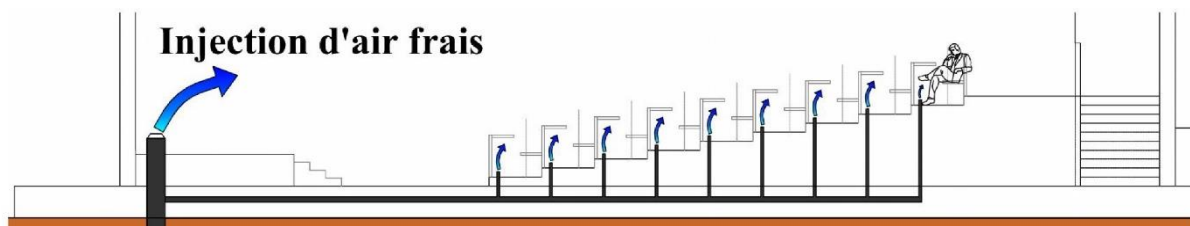


Fig. III. 69 : Injection de l'air frais aux amphithéâtres par puits provençaux

Source : Auteurs.

## b) Procédés bioclimatiques passifs indirects

### ➤ Panneaux solaires hybrides et planchers réversibles

#### Pertinence du choix et mise en œuvre dans le projet

Permettant de produire de l'électricité d'une part, et de chauffer ou rafraîchir les espaces en les associant à des planchers réversibles (en réchauffant ou rafraîchissant un fluide caloporteur circulant le long de ces derniers) d'autre part, ce procédé est employé spécifiquement au sein de l'entité « doctorat ». Sachant que cette dernière fut utilisée le long de toute l'année par les chercheurs et les doctorants, ce choix se justifie par la possibilité d'alimenter cette entité et ses divers espaces : bureaux de recherches et labs par de l'électricité gratuite durant toute l'année, tout en assurant un confort hivernal et estival optimal. Ce choix s'explique aussi par l'absence de possibilité d'ouverture côté Sud pour certains étages mitoyens à l'articulation.

Notons que ces panneaux hybrides sont disposés sur le toit selon une inclinaison bien calculée afin de maximiser le captage de l'énergie solaire.

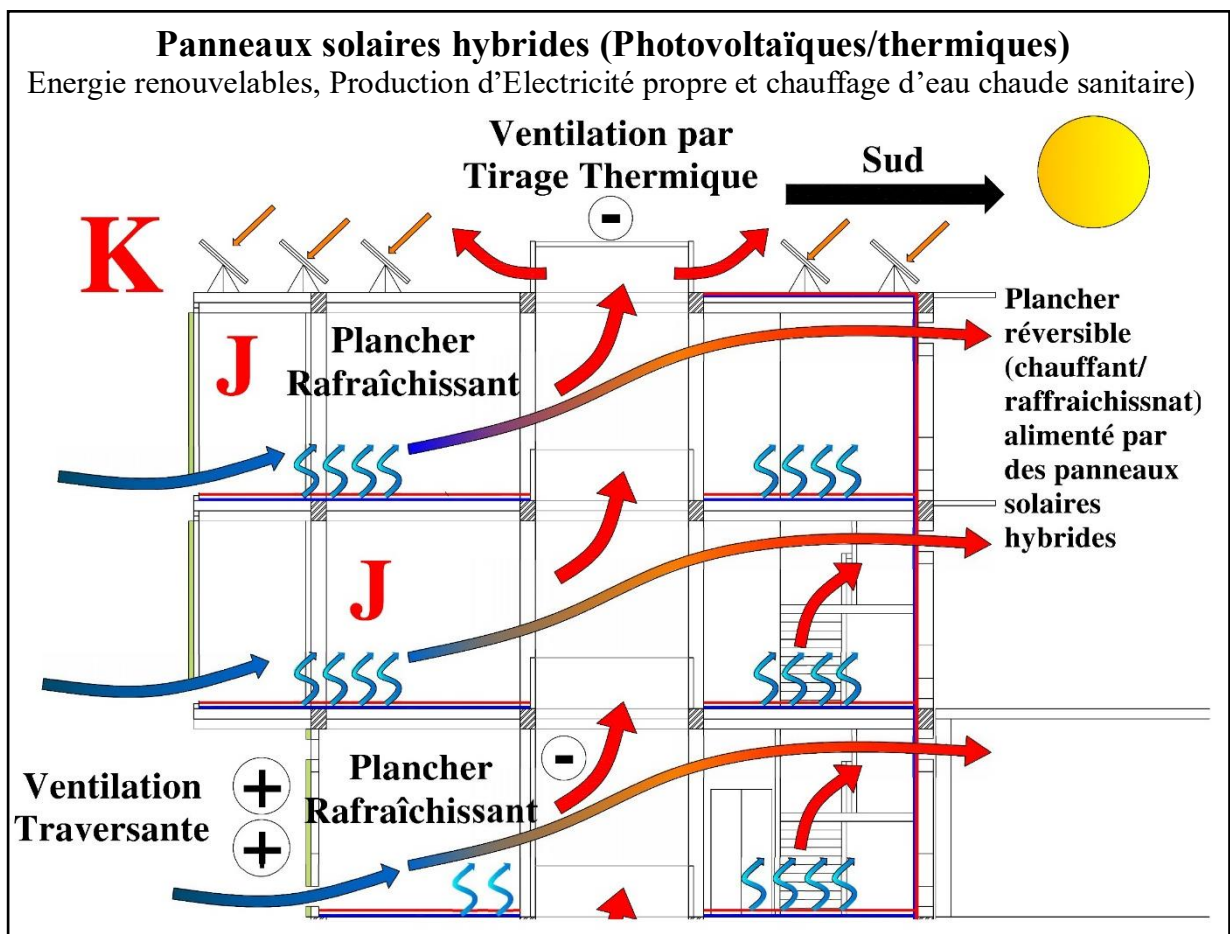


Fig. III. 70 : Utilisation des panneaux solaires hybrides au niveau de l'entité « doctorat »

Source : Auteurs

### ➤ V.M.C (Double Flux)

Dans le projet, la V.M.C. est associée principalement aux puits provençaux/canadiens concernant la ventilation et le chauffage des amphithéâtres, en effet, en hiver, l'échangeur thermique qui est intégré à la VMC permet de récupérer les calories de l'air vicié généré par le puits et par les gains internes (200 étudiants).

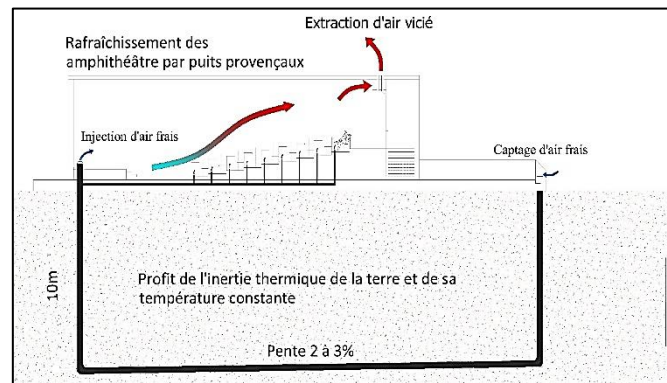


Fig. III. 71 : Utilisation de la V.M.C au niveau des amphis  
Source : Auteurs.

### ➤ Apport de la pompe à chaleur (PAC)

La pompe à chaleur est utilisée dans le projet comme appoint à la géothermie au niveau de l'entité résidence. En cas d'insuffisance de la source géothermique pour assurer un confort thermique optimal en période froide ou en période chaude, la « PAC » prend le relais pour augmenter ou abaisser quelques peu la température selon la période. L'énergie consommée par cet apport supplémentaire reste négligeable par rapport à l'énergie qu'aurait consommée ce dispositif sans géothermie, mais cela reste indispensable pour optimiser le confort.

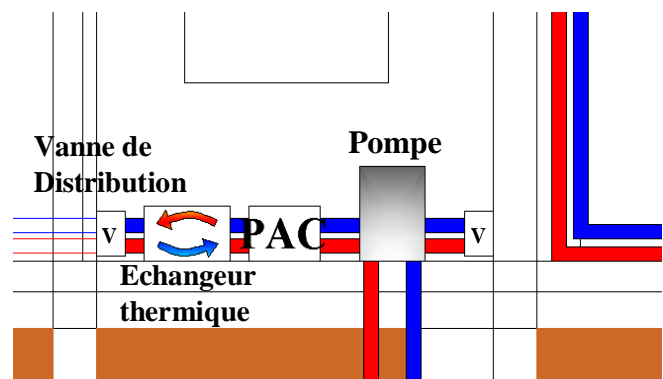


Fig. III. 72 : Apport de la pompe à chaleur associée à la géothermie au niveau de l'entité résidentielle  
Source : Auteurs

### ➤ Déstratificateurs thermiques

Les déstratificateurs thermiques sont utilisés en période froide pour homogénéiser la température des espaces chauffés de plusieurs entités, notamment au niveau du cocon bioclimatique pour faire descendre l'air chaud emprisonné par la serre qui a tendance à monter en hauteur et en profiter pour l'injecter à l'intérieur des bâtiments et ainsi les chauffer passivement.

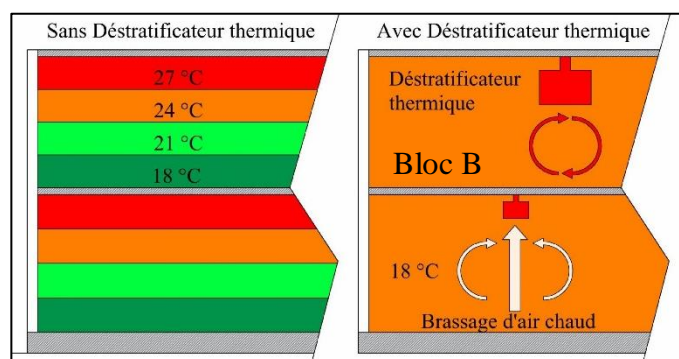


Fig. III. 73 : Apport des déstratificateurs au confort thermique.  
Source : Auteurs.

### c) Apport des nouvelles technologies

#### ➤ Nouveaux Vitrages : vitrage thermochromique

Ce verre performant est utilisé au niveau des façades Sud des blocs résidentiels afin de protéger les chambres des étudiants, en période chaude des rayons solaires, dès lors que la température dépasse les 25°C sans impacter le captage solaire passif en période froide. Précisons que la façade Ouest carrément vitrée de l'entité Doctorat sera dotée du même type de vitrage afin de se protéger des rayons solaires et de l'éblouissement surtout en fin de journée en période chaude.



Fig. III. 74 : Utilisation du vitrage thermochromique au niveau de l'entité doctorat  
Source : Auteurs.

#### ➤ Apport de la domotique

De plus de participer à l'ornement des façades Sud-Est des blocs artistiques, les brises soleils verticaux en panneaux appliqués, sur ces dernières, sont commandables par un système de domotique. En Effet, en période chaude, ces protections solaires coulissent, automatiquement, de haut en bas, ou inversement, en suivant les rayonnements solaires pour protéger les espaces intérieurs des surchauffes.



Fig. III. 75 : Brises soleils automatisés au niveau des galeries des façades Sud-Est  
Source : Auteurs.

Ce procédé fût aussi appelé afin de contrôler à distance les panneaux en plaques de polycarbonate, couvrant le cocon bioclimatique, ainsi que les stores coulissants anti chaleurs, mais de manière indépendante des panneaux cités précédemment.

#### ➤ Apport des matériaux à changement de phase (MCP)

Le recours des MCP sera abordé et expliqué dans la stratégie qui suit (gestion écologique du projet) notamment au niveau du dernier point : production et diffusion de chaleur.

### d) Gestion écologique du projet

#### ➤ Tri sélectif des déchets

Par l'aménagement de conteneurs dotés d'un code couleur suivant le matériau du déchet (aluminium, plastique...) pour faciliter le recyclage.



Fig. III. 76 : Bornes de Tries de déchets.  
Source : Ludovic Péron.

➤ **Récupération des eaux pluviales**

La récupération des eaux pluviales se fait grâce un bassin intégré au sein de la tour à vent. Notons que ces eaux récupérées sont prétraitées en les filtrant, avant d'être acheminées vers les blocs de la serre pour un usage sanitaire.

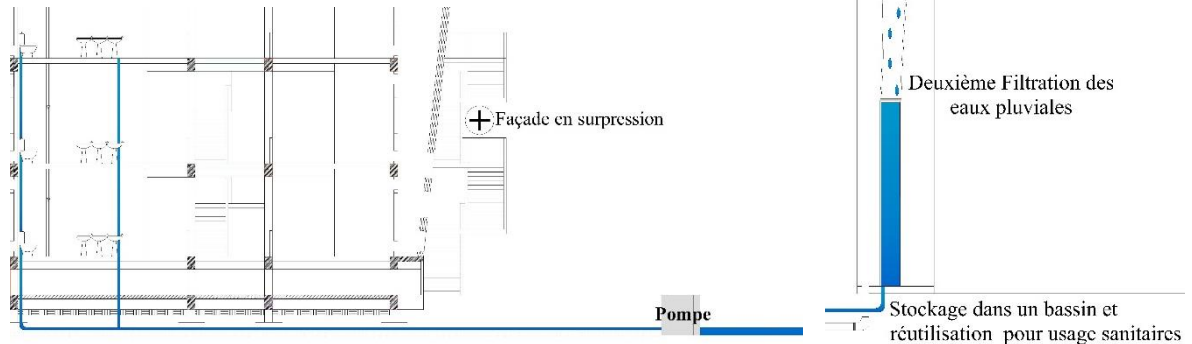


Fig. III. 77 : Récupération des eaux pluviales au sein du projet

Source : Auteurs

➤ **Valorisation des déchets organiques par compostage**

Afin de convertir et de valoriser les déchets (organiques) alimentaires issus du réfectoire, des cuisines de préparations ainsi que ceux provenant des cuisines communes des étudiants, ces déchets sont récupérés par compostage avant de les transformer en compost et de les réutiliser comme apports organiques pour la culture des plantes, légumes et fruits dans les jardins partagés.

➤ **Production d'électricité par la marche des étudiants**

Dans le projet, nous faisons appel à des systèmes de dalles sur ressorts, équipées de générateurs convertissant l'impact des pas des étudiants en courant électrique. Celui-ci est transmis à des batteries qui elles-mêmes alimentent les souffleries des blocs internes de la serre, ainsi que les lampadaires et les appareils électrogènes de des blocs résidentiels.

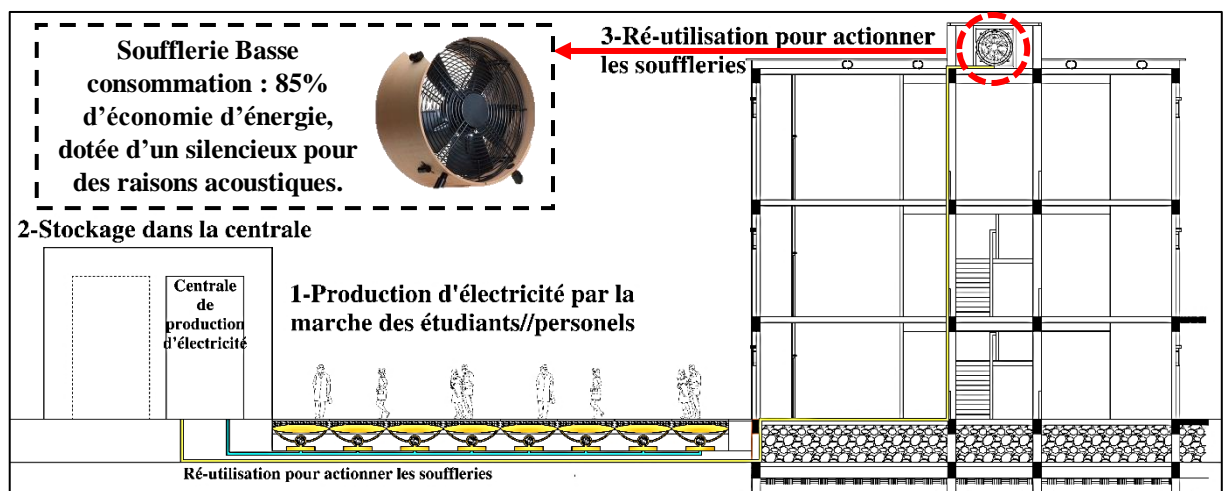


Fig. III. 78 : Dispositif de production de l'électricité au sein du projet

Source : Auteurs

### ➤ Production et déplacement de chaleur

Vue la grande échelle du cocon bioclimatique conçu, et prenant en considération sa grande capacité à chauffer l'espace qu'il englobe incluant l'air qu'il emprisonne à l'intérieur, nous décidâmes de profiter de cet atout pour, non seulement chauffer les blocs internes de la serre, mais de distribuer cette chaleur aux autres blocs extérieurs. Ceci se matérialisera suivant 03 étapes.

En effet, des conduites aériennes (placées dans des endroits peu perceptibles dans la serre pour des raisons esthétiques) s'occuperont d'assurer la première étape : celle d'absorption de l'air chaud du cocon bioclimatique, grâce à des ventilateurs d'absorption intégrés dans ces conduites, avant de les acheminer, par la suite, à une centrale technique de chaleur.

La deuxième étape consiste à stocker cette chaleur récupérée, à ce stade les galets composants le socle permettent d'accomplir cette tâche mais en revanche pose une contrainte, c'est celle de la redistribution de cette chaleur stockée ailleurs (qui est la troisième étape). C'est ainsi que le MCP s'impose dans le projet afin de concrétiser ce déplacement de chaleur.

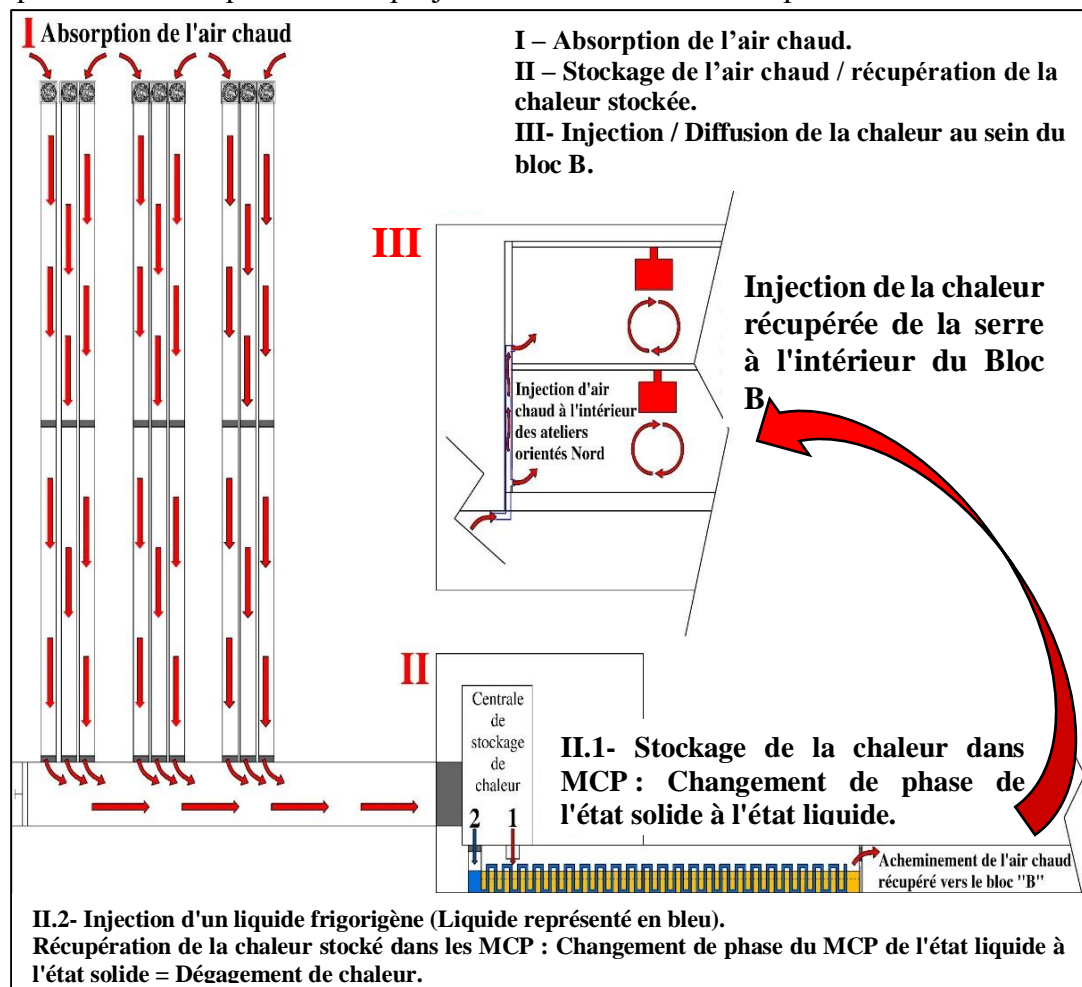


Fig. III. 79 : Dispositif de captage, stockage et diffusion de la chaleur captée du cocon vers le bloc B.

Source : Auteurs.

---

Choisissant un MCP à température de fusion et de solidification idéale (coïncidant avec la température d'air arrivant des conduites d'absorption), celui-ci fusionne (de l'état solide à l'état liquide) entraînant le stockage de cette énergie sous forme de chaleur latente. Afin de restituer cette chaleur, il s'avère logique, dès le départ de la réflexion, d'injecter ce MCP dans des conduites allant vers blocs externes de la serre pour les chauffer par un nouveau changement de phase (de l'état solide à l'état liquide étant donné que ces espaces sont plus froids), or une nouvelle contrainte s'impose, c'est le souci que ce MCP se solidifie au sein des conduites engendrant leurs stagnations. A ce niveau, il fallait trouver un autre moyen de faire refroidir le MCP, afin qu'il puisse céder la chaleur stockée tout en le gardant immobile au niveau du socle de la serre. C'est ainsi que nous ayons recours à un élément intermédiaire permettant de concrétiser ceci. En effet, un liquide frigorigène (froid) est injecté dans une conduite longeant le MCP (se trouvant à l'état liquide), ce dernier se solidifie engendrant une rediffusion de la chaleur stockée au paravent.

Enfin, cette chaleur est acheminée par la suite, par des conduites souterraines qui montent le long des murs extérieurs du bloc B avant d'être injecter au sein des espaces nord du bloc.

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en premier lieu, l'architecture du projet, plus précisément les diverses étapes qui ont menés à la conception de l'ENSA-TO de l'idéation à la concrétisation ainsi que la description des différentes entités qui la composent sous ses différents aspects : organisationnel, fonctionnel, esthétique et structurel avant d'aboutir à un dossier graphique. Nous avons ainsi réhabilité architecturalement les deux blocs « A » et « B » par le ravalement des façades, le réagencement des espaces intérieurs et des interventions sur l'étanchéité pour rendre ces deux blocs plus fonctionnels et plus confortables et ainsi améliorer les conditions de travail et l'image de l'école. Tout comme nous avons conçu une extension qui s'intègre parfaitement à l'existant pour former un ensemble cohérent, plus contemporain qui satisfait l'ensemble des exigences qualitatives et quantitatives d'une école d'architecture. Nous avons exposé en second lieu, les différents moyens utilisés au sein du projet permettant d'assurer le confort thermique durant les deux périodes (chaude et froide) tout en réduisant les consommations énergétiques. Afin de concrétiser ces deux objectifs, nous avons opté pour la réhabilitation thermique de la structure existante et nous avons fait appel à l'architecture bioclimatique (pour l'ensemble de l'école). La réhabilitation thermique proposée se base sur trois stratégies : en premier lieu, l'isolation thermique des parties Nord des blocs « A » et « B », des planchers bas et des toitures terrasses. En second lieu, l'optimisation du chauffage solaire passif en façade Sud par la projection d'une façade à double peau et en dernier lieu la ventilation naturelle par la création d'atriums pour rafraîchir passivement en Été. L'application de certains dispositifs bioclimatiques a aussi participé à la réhabilitation thermique, tout autant qu'elle a participé à la conception de l'extension. Les principes de la bioclimatique sont utilisés dès l'implantation du projet à travers son orientation, d'une part, conçu en fonction de la course apparente du soleil, afin optimiser l'exploitation du gisement solaire pour le chauffage passif, et à travers la fragmentation du projet d'autre part et de sa composition volumétrique pour favoriser la ventilation naturelle. Sans oublier les choix pertinents des matériaux auquel on a fait appel et leurs emplacements. De plus, des procédés passifs directs et indirects ont été employés pour assurer les confort d'hiver et d'été tels que la serre bioclimatique, les panneaux solaires hybrides...etc. De nouvelles technologies viennent optimiser l'ensemble de ces stratégies telles que la domotique et les MCP. Enfin, la gestion écologique de notre projet se matérialise essentiellement la récupération des eaux pluviales, la production d'électricité par la marche des étudiants, la production de chaleur et sa diffusion volontaire dans des endroits bien ciblés...

Pour conclure, nous pouvons affirmer que l'ensemble de ces interventions et de ces dispositifs bioclimatiques nous ont permis de concevoir un projet architectural durable, confortable thermiquement et efficace énergétiquement en exploitant au mieux les potentialités du site et les énergies renouvelables.

# **Conclusion générale**

L'intervention architecturale proposée consiste à réhabiliter et étendre la structure existante de l'« Ex-Habitat » située à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou, constituant actuellement une annexe du département d'architecture de l'université Mouloud Mammeri et accueillant uniquement les étudiants en fin de cycle de master. Cela, dans le but de composer une école d'architecture unifiée, intégrée au site et qui se base sur les principes de l'architecture bioclimatique dans une optique de confort optimal et d'efficacité énergétique tout en intégrant les deux blocs « A » et « B » qui sont dans un état dégradé.

Le travail effectué s'est basé d'abord sur deux analyses. La première concernait le contexte, au sens large et réduit, sous forme d'étude d'impact sur l'environnement, cette dernière avait comme aboutissement un plan de gestion environnemental qui a permis d'anticiper les différents impacts positifs ou négatifs projetés sur l'environnement et ainsi prendre des mesures préalablement à la conception. L'autre objectif de cette partie était aussi de mieux déterminer l'état de la structure existante, l'intervention qui lui incombe et de connaître davantage les caractéristiques climatiques et microclimatiques du site (ensoleillement, vent...) pour exploiter le plus possible ses potentialités dès l'idéation de l'école. La seconde analyse, comprenait tout ce qui concerne les thèmes du projet : enseignement supérieur et écoles d'architectures (historique, normes, analyse d'exemples de référence...), notions de réhabilitation et d'extension, architecture durable et bioclimatisme.

À partir de toutes ces données récoltées, nous avons pu concevoir un projet qui répond aux différentes problématiques, notamment celle du confort au sein de l'école mais aussi de sa consommation énergétique grâce notamment à la réhabilitation thermique des bâtis existants et à l'application de différents principes et procédés bioclimatiques. D'un point de vue fonctionnel, l'organisation de l'école a été facilitée par le rassemblement de tous les paliers d'étude en un seul pôle. Tandis que la façade du projet a offert une interface agréable et ouverte à la ville. Tout ceci nous permet de confirmer la première hypothèse, la réhabilitation associée à l'extension a constitué un meilleur choix que la rénovation qui aurait été plus coûteuse, plus polluante et qui aurait effacé une certaine mémoire du lieu.

Pour finir, nous estimons que les objectifs fixés au départ ont été atteints, l'ENSA-TO est une école qui grâce à son architecture bioclimatique assurera le confort optimal de ses usagers tout en exploitant les énergies renouvelables et en limitant son impact sur l'environnement.

# **Références bibliographiques**

**Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH).**, « *Réhabiliter et entretenir un immeuble ancien point par point* », Éd. Le Moniteur, 1993

**ALILI S.**, « *Guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architectural villageois de Kabylie* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2013

**American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (A.S.H.R.A.E.)**, « *Indoor environmental health* », in *ASHRAE handbook of fundamentals* ». Chapter 9. SI. U.S.A, Éd. Atlanta, 1997.

**APRUE** [En Ligne], disponible sur : < <http://www.aprue.org.dz/presentation.html> >.

**Association pour une Gestion Durable de l'Énergie (A.G.E.D.E.N)** [En Ligne], disponible sur : <http://www.info-energie-paysdelaloire.fr/docs/Renovation/Rehabilitation-thermique.pdf>.

**Aurélien Boutaud.**, « *Le développement durable : penser le changement ou changer le pansement* », thèse de magister en Science et Génie de l'environnement, École Supérieure des Mines de Saint-Étienne, 2005.

**Benjeddou Omrane, Jedidi Malek.**, *La thermique du bâtiment*.

**BRUNEL S.**, « *Le développement durable* », Éd. Presses Universitaires de France, 2004

**CADONI G.**, « *Les systèmes de rafraîchissement passifs dans l'architecture contemporaine et la conception bioclimatique du bâtiment. Méthodologie d'analyse et évaluation de réalisations à travers le monde* », thèse de doctorat en architecture, Marseille : ENSA, 2012

**Cantin, R. et al.**, « *Complexité du confort thermique dans les bâtiments* » in actes du 6<sup>ème</sup> congrès européen de science des systèmes.

**CDER** [En Ligne], disponible sur : < <https://www.cder.dz/spip.php?rubrique225>>.

**CHABI Mohammed.**, « *Etude Bioclimatique du Logement Social-Participatif de la Vallée du M'zab : Cas du Ksar de Tafilelt* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2009

**Chabi.M.**, « *L'architecture et les paramètres du climat* », Notes de cours Master 2 UMMTO, 2018.

**CHATELET A. & FERNANDEZ P. & LAVIGNE. P.**, « *Architecture climatique - une contribution au développement durable Tome 1 & 2* », Éd. Edisud, 1998

**CHAUVIGNY P.**, « *L'isolation Thermique de la Maison* », Éd. Eyrolles, France, 1980.

**CHEBAHI M.**, « *L'enseignement de l'architecture à l'École des beaux-arts d'Alger et le modèle métropolitain. Réceptions et appropriations. 1909-1962* », thèse de doctorat en architecture, Paris : Université Paris-Est, 2013

**CNERIB** [En Ligne], disponible sur : < <http://www.cnerib.edu.dz/accueil.html> >.

**COIGNET Jean.**, 1989, « *Réhabilitation, Arts de bâtir traditionnels, Connaissance et techniques.* » Éd. Sud,

**Conseil International des Monuments et des Sites (I.C.O.M.O.S.)**, « *Charte du patrimoine bâti vernaculaire* », 1990.

**COURGEY S. & OLIVA J.P.**, « *La Conception Bioclimatique : Des Maisons Economes et Confortables : en Neuf et en Rénovation* », Éd. Terre Vivante, 2006

**COURGEY S. & OLIVA J.P.**, « *L'isolation thermique écologique : Conception, matériaux, mise en œuvre* », Éd. Terre Vivante, 2010

**DEHERDE A., & LIEBARD A.** « *Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatique* », Éd. Le Moniteur, 2005

**DEHMOUS M.**, « *Confort thermique dans les constructions en béton préfabriqué : cas de la faculté des sciences médicales de l'université de Tizi-Ouzou* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2016

**DERRIEN A. & MURET J.P.**, « *L'école et les collectivités locales : guide technique, juridique et réglementaire* », Éd. Le Moniteur, 1992

**DES MODÈLES DE PENSÉE CONSTRUCTIVE : LES LAURÉATS DU PRIX PRITZKER** [En Ligne], disponible sur : [https://www.arc.ulaval.ca/files/arc/Alvaro\\_Siza.compressed.pdf](https://www.arc.ulaval.ca/files/arc/Alvaro_Siza.compressed.pdf).

**Dictionnaire Larousse.** [En Ligne].

**Dictionnaire-environnement** [En ligne], disponible sur : [www.dictionnaire-environnement.com](http://www.dictionnaire-environnement.com).

**Direction de l'Urbanisme et de la Construction de la wilaya de Tizi-Ouzou (D.U.C.)**, *Plan Directeur d'Aménagement Urbain (PDAU) de la Wilaya de Tizi-Ouzou*, 2008.

**Direction Générale des Enseignements et de la Formation Supérieurs**, « *L'Enseignement Supérieur en Algérie* », MESRS Esteban Emilio Montenegro Iturra », 2011.

**DUBOS René**, Citation prononcé lors du Premier sommet sur l'environnement, 1972.

**E. NEUFERT.**, « *Les éléments des projets de construction* », 8<sup>e</sup> édition, Éd. Dunod, 2000.

**ECO-ARQ.**, « *Guide méthodologique pour l'éco-réhabilitation du patrimoine bâti dans le Sud-ouest européen* ».

**Ecole d'Avignon**, Cours : Réhabilitation durable et diagnostic technique.1.pdf.

**Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-La Villette.**, [En Ligne], disponible sur : <http://www.paris-lavillette.archi.fr/index.php?page=labo-photo>.

**Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.**, [En Ligne], disponible sur <<https://enac-am.epfl.ch/page-43525-fr-html/>>.

**ENGEL Pierre.**, « *Guide de la réhabilitation : Des enveloppes et des planchers* », Éd. Eyrolles, 2014.

**FIEEC** : Fédération des industries électriques, électroniques et de communication., Vers un bâtiment durable : les équipements et solutions d'efficacité énergétique [En ligne] disponible sur : <https://www.fieec.fr>.

**G. ALEXANDROFF & J.M. ALEXANDROFF.**, « *Architectures et climats : Soleil et Energies Naturelles dans l'Habitat* », Éd. Berger-Levrault, 1982.

**G.-Oscar Villeneuve.**, « *Glossaire de météorologie et de climatologie, aux éditions Les Presses de l'Université de Laval* », 1980.

**Gérard Granier, Yvette Veyret.**, « *Développement durable. Quels enjeux géographiques* », dossier n° 8053, Paris, La Documentation française, 3e trimestre 2006.

**GIVONI B.**, « *L'homme, l'architecture et le climat* », Éd. Le Moniteur, 1978

**Grand Luminy.**, Présentation [En Ligne], disponible en ligne sur : <https://www.grandluminy.com/fr/>

**GRANIER Cécile, PLATZER Michel, MONTHARRY Daniel.**, « *La technique du bâtiment – tous corps d'état* », Éd. Le Moniteur, 2017.

**GUYOT A. & IZARD J.L.**, « *Archi bio* », Éd. Parenthèses, 1979

**Harner, D.**, « *Effects of thermal environment on learning skills. the educational facility planner* », 1974.

**HASSAS N.**, « *Etude du Patrimoine Architectural de la Période Ottomane : Entre Valeurs et Confort* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2010

**IDDRI.**, « *Regard sur la terre 2008 – biodiversité : nature et développement* », 2008.

**ISO 7730.**, « *Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort* » AFNOR, Paris, 1994.

**JOFFROY P.**, « *La réhabilitation des bâtiments* », Éd. Le Moniteur. 1999

**Journal officiel de la république Algérienne** n° 51 du 02/08/1999

**KADRIET.N & MOKHTARIA.**, « *Contribution à l'étude de réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâtiment* », Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°2, 2011.

**KESRAOUI N.**, « *Intégration du concept bioclimatique et utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment tertiaire en climat méditerranéen (cas de l'Algérie)* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Moloud Mammeri, 2010.

**L'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille.**, [En Ligne].

**L'énergie tout compris.**, [En Ligne], disponible sur : <https://www.lenergieToutCompris.fr/actualites-et-informations/isolation/tout-savoir-sur-l-isolation-repartie-47899>.

**Laliberte-Vincent, Marine Et Michaud.**, « *Etude d'une pensée constructive d'architecte, faculté d'architecture université de Porto* », ARC-6021.

**Le Moniteur** [En Ligne], Disponible sur : <https://www.lemoniteur.fr/article/comment-ca-marche-l-isolation-des-murs-par-l-exterieur.1151029>.

**LEQUENNE P. & RIGASSE V.**, « *Habitat Passif et Basse Consommation* », Éd. Terre Vivante, 2011

**MAES Pascale.**, « *Labels d'efficacité énergétique* ».

- MAURO-CHASSAGNE.**, « *Développement durable et réhabilitation* », travail de fin de formation HQE, ENSAL, 2007.
- MAZARI M.**, « *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2012
- MAZRIA E.**, « *Guide de la Maison Solaire* », Éd. Parenthèses, 2005
- MERITET Sophie.**, L'état énergétique du monde, dossier pour la science N°69, 1999.
- MERZEG A.**, « *La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2010
- Ministère de l'énergie, Programme National de développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique.**, [En Ligne], disponible sur : <http://www.energy.gov.dz>.
- MOHELLEBI Hakim.**, « *Chauffage et Climatisation par Géothermie en Kabylie* », 2014.
- MONTENEGRO ITURRA Esteban Emilio.**, « *Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique* » Thèse de doctorat Faculté des études supérieures de l'Université Laval. Canada, 2011.
- PAN Architecture**, « *Extension de l'Ecole d'Architecture* » [En Ligne].
- PARSON.K.**, « *Human thermal environments : 2nd édition* », 1989.
- PHILIPPARIE Philippe.**, « *La pathologie des façades : Diagnostic, réparations et prévention* », Éd. Eyrolles, 2011.
- QUEFFELEC Christian**, « *Logements pour étudiants : Regards critiques et vision d'avenir* », [En Ligne].
- Rapport Brundtland.**, Notre Avenir à tous (de la commission mondiale sur l'environnement et le développement - nations Unies, New-York), 1987.
- SADDOK A.**, « *Étude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies. Cas des établissements d'enseignements moyen et secondaire à Tizi-Ouzou* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2016
- SIMON .N. et BERTRAND.E.**, *Rapport sur l'amélioration de l'habitat ancien*, 1975.
- SOUKANE S.**, « *Préservation du patrimoine colonial (habitat) du 19ème 20ème siècle : Présentation d'un guide technique de réhabilitation* », mémoire de magister en architecture, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2010
- THELLIER Françoise.**, « *L'homme et son environnement thermique – Modélisation* ». Université de Paul Sabatier de Toulouse, 1999.

**Thellier, F.**, « *Modélisation du comportement thermique de l'homme et de son habitat, une approche de l'étude du confort* », étude réalisée à l'université Paul Sabatier de Toulouse, France.

**Université de Laval** [En Ligne], disponible sur < <https://www.arc.ulaval.ca/services-offerts/materiautheque.html>.

**Université Mouloud MAMMARI de Tizi-ouzou** [En ligne] Disponible sur <[http://fgc.ummo.dz/?page\\_id=540](http://fgc.ummo.dz/?page_id=540)>

**Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou**, « *historique* », [En Ligne] disponible sur <http://www.ummo.dz/>.

**VU. B.**, « *Le Guide de l'Habitat Passif* », Éd. Eyrolles, 2008

**WERNER .E.**, 1986, « *Amphibian metamorphosis: growth rate, pre-dation risk, and the optimal size at transformation* ».

**Wikizero** [En ligne], disponible sur : <https://www.wikizero.com/fr>.

**WRIGHT D.**, « *Manuel d'Architecture Naturelle* », Éd. Parenthèses, 2004

**X. CASANOVAS ; E. FIORI. G ; NOURISSIER & al.**, « *Méthode RehabiMed. II. Réhabilitation des Bâtiments. Pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne* », 1999.

**ZOUZOU Abdelkrim, MOKHTARI Kamilia.**, « *Solutions hybrides pour maintenir le Confort Thermique et Visuel* », Mémoire master académique, 2015.

# **Annexes**

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>Tm Max °C</b>	16.2	16.0	18.9	22.4	25.9	31.1	35.9	35.2	28.4	27.4	19.8	16.9
<b>HRm min %</b>	55.5	53.2	50.2	49.6	46.1	37.9	32.9	32.6	39.3	43.8	54.9	56.9
<b>Tm Min °C</b>	7.2	7.0	8.6	11.2	13.9	17.0	21.2	21.7	19.0	15.7	12.7	7.7
<b>HRm Max %</b>	95.2	95.4	95.3	95.1	93.2	89.8	85.2	85.5	89.5	92.1	93.4	94.5

Localisation	Habitat Tizi-Ouzou
Longitude	4.0692713E
Latitude	36.7067171N
Altitude	91 m

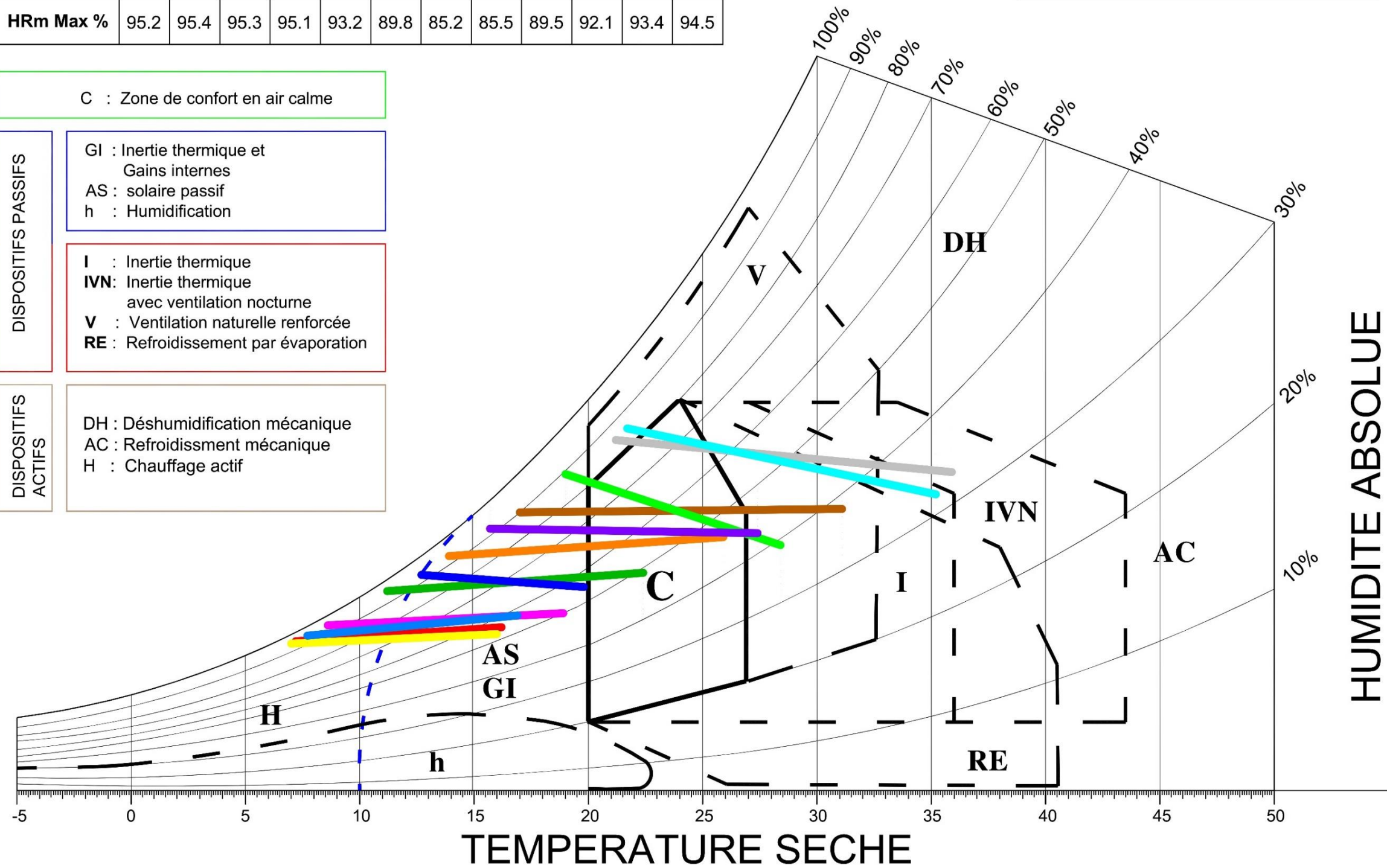
**C** : Zone de confort en air calme

**DISPOSITIFS PASSIFS**

- GI : Inertie thermique et Gains internes
- AS : solaire passif
- h : Humidification

**DISPOSITIFS ACTIFS**

- I : Inertie thermique
- IVN: Inertie thermique avec ventilation nocturne
- V : Ventilation naturelle renforcée
- RE : Refroidissement par évaporation
- DH : Déshumidification mécanique
- AC : Refroidissement mécanique
- H : Chauffage actif



Annexe. 1 : Diagramme de Givoni de la ville de Tizi-Ouzou.  
Source : Auteurs.

Tab. IV.I : Procédés de nettoyage des façades selon leurs natures et l'importance d'encrassement.  
Source : ANAH, Réhabiliter et entretenir un immeuble ancien point par point, Le MONITEUR. /Auteurs.

Nature de Façade		Importance de l'encrassement	1	2	3	2	4	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	
				a	a	c			a	b	a	b	c	a	b	a	b	
Pierre Calcaire	Tendre avec parties ouvragées ou en mauvais état	Faible	×	×	×						×	×					×	
		Moyen	×		×						×	×		×				×
		Forte	×								×	×		×				×
	Tendre en bon état et non ouvragée	Faible	×				×					×						
		Moyen	×				×		×			×		×				
		Forte	×									×		×	×			
	Ferme ou dure	Faible																
		Moyen																
		Forte																
Briques	De constructions (rugueuses)	Faible					×					×						
		Moyen					×		×		×							
		Forte	×						×									
	De parement	Faible					×					×						
		Moyen					×		×		×							
		Forte										×			×			
	Silico Calcaire	Faible		×	×		×					×	×					
		Moyen		×	×		×					×	×					
		Forte			×							×						
Enduits	Ciment ou batard	Faible											×					
		Moyen											×					
		Forte											×					
	A la chaux aérienne (ou chaux grasse)	Faible	×									×						
		Moyen	×									×						
		Forte		×	×							×		×				
	Au plâtre ou plâtre et chaux	Faible										×					×	
		Moyen										×					×	
		Forte										×					×	

Légende : 1 : Ruissellement d'eau + brossage – 2a : Projection d'eau froide sous faible pression – 3a : Projection d'eau froide sous pression – 2c : Projection d'eau froide sous haute pression – 4 : Projection d'eau surchauffée – 5 : Sablage à sec – 6a : Sablage humide léger 6b : Sablage humide normal – 7a : Procédé Thomann-Hanry avec superfine – 7b : Procédé Thomann-Hanry avec microfine – 7c : Procédé Thomann-Hanry avec fine – 8a : Application de produits chimiques détergents – 8b : Applications d'autres produits chimiques – 9a : Procédé mécanique avec brossage + lessivage - 9b : ponçage ou raclage sur parties non ouvragées.

Tab Annexe 2 : Programme Définitive du projet.  
Source Auteurs.

Bloc	Niveau	Espace	Surface de l'espace	Surface du niveau	Surface du bloc
Bloc A	RDC	Ateliers de conception	3 x 71.20m <sup>2</sup> < S < 75.40m <sup>2</sup>	1020m <sup>2</sup>	Surface du bloc : 2045 m <sup>2</sup>
		Atelier d'art plastique	71.85m <sup>2</sup>		
		Atelier de dessin/peinture	2 x 44.25m <sup>2</sup> < S < 49.35m <sup>2</sup>		
		Labo fab-lab	148m <sup>2</sup>		
		Atelier maquette	67.00m <sup>2</sup>		
		Atelier de découpe numérique	48.60 m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	2 x 13.00m <sup>2</sup> < S < 13.80m <sup>2</sup>		
	1 <sup>er</sup> étage	Atelier de conception	3 x 75.95m <sup>2</sup> < S < 79.95m <sup>2</sup>	1025 m <sup>2</sup>	
		Atelier maquette	67.00m <sup>2</sup>		
		Salle de tirage	28.60m <sup>2</sup>		
		Matériauthèque	88.50m <sup>2</sup>		
		Salle de lecture	148.00m <sup>2</sup>		
		Salle de travaux en groupe	88.50m <sup>2</sup>		
		Vidéotheque	86.00m <sup>2</sup>		
Sanitaires	13.80m <sup>2</sup>				
Bloc B	RDC	Ateliers de conception	2 x 62.00m <sup>2</sup> < S < 76.00m <sup>2</sup>	430 m <sup>2</sup>	Surface du bloc : 1005m <sup>2</sup>
		Atelier de dessin/peinture	56.00m <sup>2</sup>		
		Atelier d'art plastique	61.00m <sup>2</sup>		
		Studio photo/vidéo	72.00m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	2 x S = 11.90m <sup>2</sup>		
	1 <sup>er</sup> étage	Ateliers de conception	2 x 62.00m <sup>2</sup> < S < 76.00m <sup>2</sup>	575m <sup>2</sup>	
		Studio photo/vidéo	72.00m <sup>2</sup>		
		Atelier de dessin/peinture	54.50m <sup>2</sup>		
		Stockage pour atelier	12.50m <sup>2</sup>		
		Hall de détente	46.00m <sup>2</sup>		
		Petite vidéotheque	30.00m <sup>2</sup>		
		Grande vidéotheque	100.00m <sup>2</sup>		
Bloc C	RDC	Hall	73.00m <sup>2</sup>	420m <sup>2</sup>	Surface du bloc : 1350m <sup>2</sup>
		Salles TD	2 x 36.00m <sup>2</sup> < S < 40.00m <sup>2</sup>		
		Salle de cours	100.00m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	2 x 20.00m <sup>2</sup> < S < 20.80m <sup>2</sup>		
	1 <sup>er</sup> étage	Salle de cours informatique	79.75 m <sup>2</sup>	400m <sup>2</sup>	
		Salle de cours	100.00m <sup>2</sup>		
		Salle TD	40.00m <sup>2</sup>		

		Salle de reprographie	12.00m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	2 x 20.00m <sup>2</sup> < S < 20.80m <sup>2</sup>		
	<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	Salle de cours informatique	79.00 m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 530m <sup>2</sup>	
		Salle de de recherche internet	89.00m <sup>2</sup>		
		Salles TD	2 x S = 40.00m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	2 x S =19.15m <sup>2</sup>		
Terrasse de détente	130m <sup>2</sup>				
<b>Bloc D</b>	<b>RDC</b>	Hall d'accueil & espace d'attente	167m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 215m <sup>2</sup>	
		Sanitaires	2 x S =10.00m <sup>2</sup>		
	<b>1<sup>er</sup> étage</b>	Médiathèque (consultation)	184.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 215m <sup>2</sup>	
	<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	Médiathèque (rayonnages)	184.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 215m <sup>2</sup>	
	<b>3<sup>ème</sup> étage</b>	Bureau de la scolarité	28.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 215m <sup>2</sup>	
		Bureau des enseignements & ressources humaines	27.90m <sup>2</sup>		
		Bureau de la communication	25.00m <sup>2</sup>		
		Bureau de gestion & comptabilité	23.75m <sup>2</sup>		
		Salle du personnel	18.60m <sup>2</sup>		
		Salle d'archives	05.40m <sup>2</sup>		
	<b>4<sup>ème</sup> étage</b>	Sanitaires	2 x 9.00m <sup>2</sup> < S < 09.50m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 215m <sup>2</sup>	
		Secrétariat	25.00m <sup>2</sup>		
		Bureau de la direction	52.00m <sup>2</sup>		
		Salle de réunion	38.50m <sup>2</sup>		
		Salle de reprographie	18.60m <sup>2</sup>		
	<b>Bloc E</b>	<b>RDC</b>	Hall	108.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 420m <sup>2</sup>
			Salle de cours	68.00m <sup>2</sup>	
			Salles TD	2 x 36.00 m <sup>2</sup> < S < 40.00m <sup>2</sup>	
			Sanitaires	2 x S= 19.00m <sup>2</sup>	
		<b>1<sup>er</sup> étage</b>	Salle de cours de modélisation 3D	80.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 405m <sup>2</sup>
Salle de cours			107.00m <sup>2</sup>		
Salle TD			40.00m <sup>2</sup>		
Salle de reprographie			10.50m <sup>2</sup>		
Sanitaires			2 x S = 19.20 m <sup>2</sup>		
				Surface du bloc : 1075m <sup>2</sup>	
				Surface du bloc E : 1355m <sup>2</sup>	

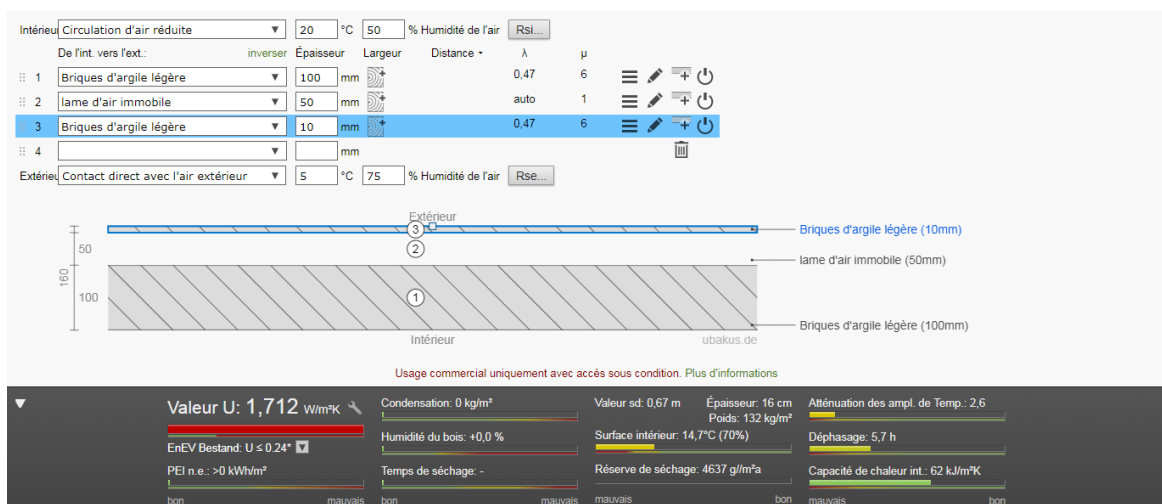
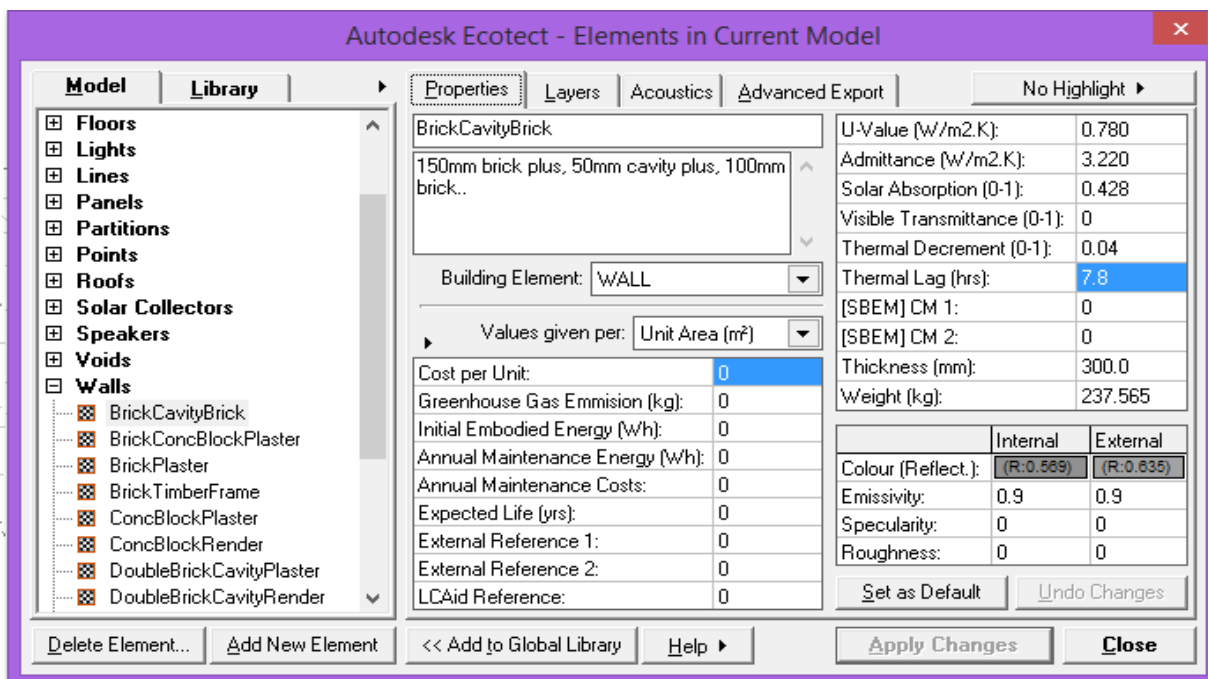
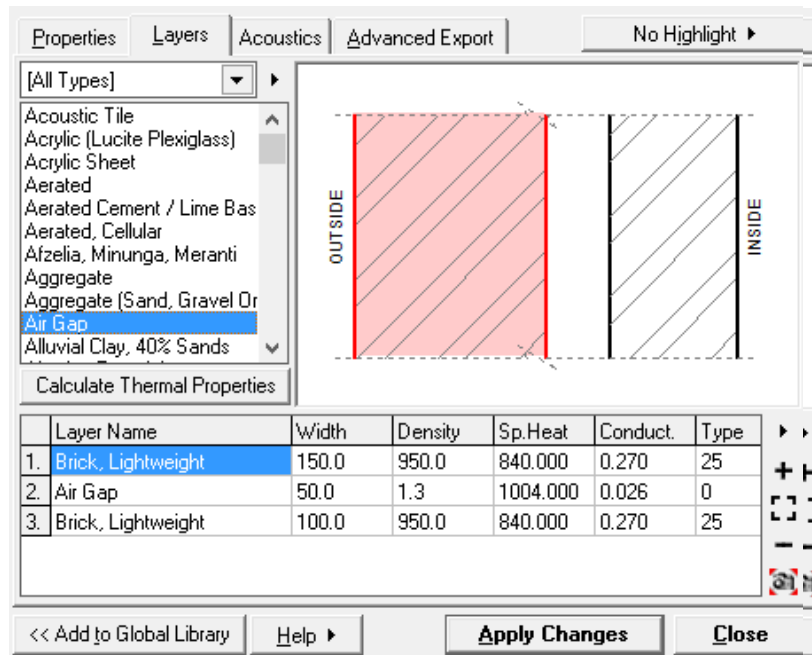
<b>Bloc E</b>	<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	Salles TD	$2 \times 40.00\text{m}^2 < S < 58.35\text{m}^2$	Surface du niveau : 530m <sup>2</sup>	
		Salle de tirage grand format	54.10m <sup>2</sup>		
		Vidéotheques	$2 \times 39.60\text{m}^2 < S < 48.15\text{m}^2$		
		Sanitaires	$2 \times S = 19.20\text{m}^2$		
<b>Bloc F</b>	<b>RDC</b>	Atelier de conception	$2 \times 56.15\text{m}^2 < S < 86.00\text{m}^2$	Surface du niveau : 370m <sup>2</sup>	Surface du bloc : 1730m <sup>2</sup>
		Laboratoire fab-lab	78.00m <sup>2</sup>		
		Studio photo/vidéo	44.00m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	$2 \times S = 11.60\text{m}^2$		
	<b>1<sup>er</sup> étage</b>	Atelier de conception	$2 \times 56.15\text{m}^2 < S < 86.00\text{m}^2$	Surface du niveau : 410m <sup>2</sup>	
		Atelier maquette	47.00m <sup>2</sup>		
		Salle de lecture	104.95m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	$2 \times S = 11.60\text{m}^2$		
	<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	Atelier de conception	$2 \times 57.50.\text{m}^2 < S < 104.00\text{m}^2$	Surface du niveau : 410m <sup>2</sup>	
		Atelier maquette	46.40m <sup>2</sup>		
		Salle de cours de modélisation 3D	83.25m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	$2 \times S = 11.60\text{m}^2$		
	<b>3<sup>ème</sup> étage</b>	Matériauthèque	58.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 540m <sup>2</sup>	
		Espace de consommation	60.00m <sup>2</sup>		
		Terrasse Accessible	362.00m <sup>2</sup>		
	<b>Bloc G</b>	<b>RDC</b>	Accueil	55.00m <sup>2</sup>	
Loge-dépose			07.60m <sup>2</sup>		
Bureau d'orientation			12.90m <sup>2</sup>		
Sanitaires			13.40m <sup>2</sup>		
Cafétéria			10.00m <sup>2</sup>		
<b>1<sup>er</sup> étage</b>		Bureau de direction	34.20 m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 115m <sup>2</sup>	
		Secrétariat	12.58m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	10.55m <sup>2</sup>		
<b>2<sup>ème</sup> étage</b>		Bureaux de chercheurs	$6 \times 12.70\text{m}^2 < S < 41.30\text{m}^2$	Surface du niveau : 240m <sup>2</sup>	
		Sanitaires	12.30m <sup>2</sup>		
<b>3<sup>ème</sup> étage</b>		Salle d'expérimentation	165.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 470m <sup>2</sup>	
		Bureaux de chercheurs	$6 \times 12.70\text{m}^2 < S < 41.30\text{m}^2$		
		Sanitaires	12.30m <sup>2</sup>		
<b>4<sup>ème</sup> étage</b>		Salle d'expérimentation	165m <sup>2</sup>		
		Bureaux de chercheurs	$3 \times 14.5\text{m}^2 < S < 38.40\text{m}^2$		
		Salle de cours/soutenance	130.00m <sup>2</sup>		

	<b>4<sup>ème</sup> étage</b>	Espace de consommation	50m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 635m <sup>2</sup>		
		Espace de détente doctorants	58.00m <sup>2</sup>			
		Sanitaires	3 x 11.60m <sup>2</sup> < S < 12.30m <sup>2</sup>			
	<b>5<sup>ème</sup> étage</b>	Médiathèque thèses	124.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 170m <sup>2</sup>		
	<b>6<sup>ème</sup> étage</b>	Médiathèque ouvrages	124.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 170m <sup>2</sup>		
<b>Bloc H</b>	<b>RDC</b>	Boutique associative	83.80m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 215m <sup>2</sup>		
		Arrière-boutique	19.90m <sup>2</sup>			
		Bureau de contrôle	16.80m <sup>2</sup>			
		Sanitaires	2 x 08.00m <sup>2</sup> < S < 10.00m <sup>2</sup>			
	<b>1<sup>er</sup> étage</b>	Chambre d'étudiant individuelle	2 x 14.00m <sup>2</sup> < S < 19.00m <sup>2</sup>	200m <sup>2</sup>	215m <sup>2</sup>	
		Chambre d'étudiant double	22.00 m <sup>2</sup>			
		Chambre PMR	20.00 m <sup>2</sup>			
		Salle de lecture	16.00 m <sup>2</sup>			
		Cuisine commune	17.00 m <sup>2</sup>			
		Douches	19.00m <sup>2</sup>			
		Sanitaires	09.00m <sup>2</sup>			
	<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	Chambre d'étudiant individuelle	2 x 12.00m <sup>2</sup> < S < 13.00m <sup>2</sup>	300m <sup>2</sup>		
		Chambre d'étudiant double	2 x 19.00m <sup>2</sup> < S < 20.00m <sup>2</sup>			
		Chambre PMR	35.00m <sup>2</sup>			
		Salle de travaux de groupe	17.00m <sup>2</sup>			
		Salle internet	16.00m <sup>2</sup>			
		Cuisine commune	17.00m <sup>2</sup>			
		Douches	19.00m <sup>2</sup>			
		Sanitaires	10.00m <sup>2</sup>			
	<b>3<sup>ème</sup> étage</b>	Chambre d'étudiant individuelle	2 x S= 12.00m <sup>2</sup>	275m <sup>2</sup>		
		Chambre d'étudiant double	2 x 16.00m <sup>2</sup> < S < 19.00m <sup>2</sup>			
		Chambre PMR	25.00m <sup>2</sup>			
		Salle de travaux de groupe	16.00m <sup>2</sup>			
		Buanderie	15.00m <sup>2</sup>			
		Cuisine commune	17.00m <sup>2</sup>			
		Douches	18.00m <sup>2</sup>			
		Sanitaires	9.00m <sup>2</sup>			
		Chambre d'étudiant individuelle	2 x S= 12.00m <sup>2</sup>			
<b>4<sup>ème</sup> étage</b>	Chambre d'étudiant individuelle	2 x 12.00m <sup>2</sup> < S < 15.00m <sup>2</sup>	260m <sup>2</sup>			
				Surface du bloc H : 1715m <sup>2</sup>		

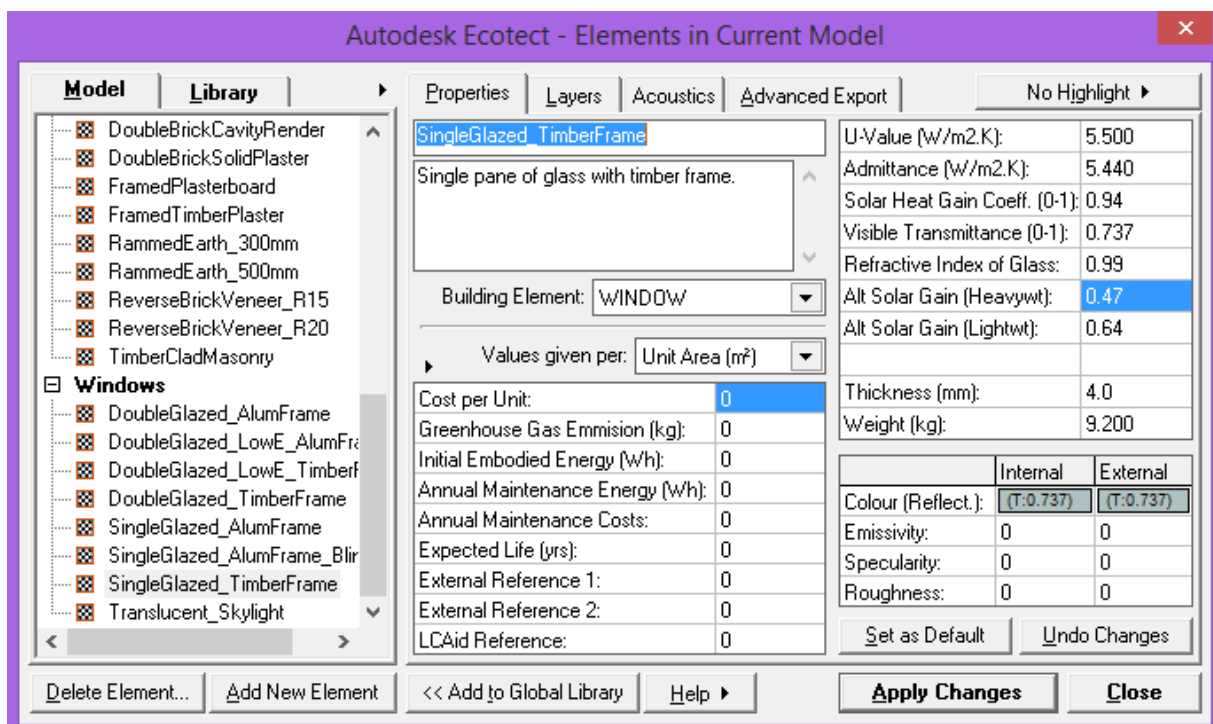
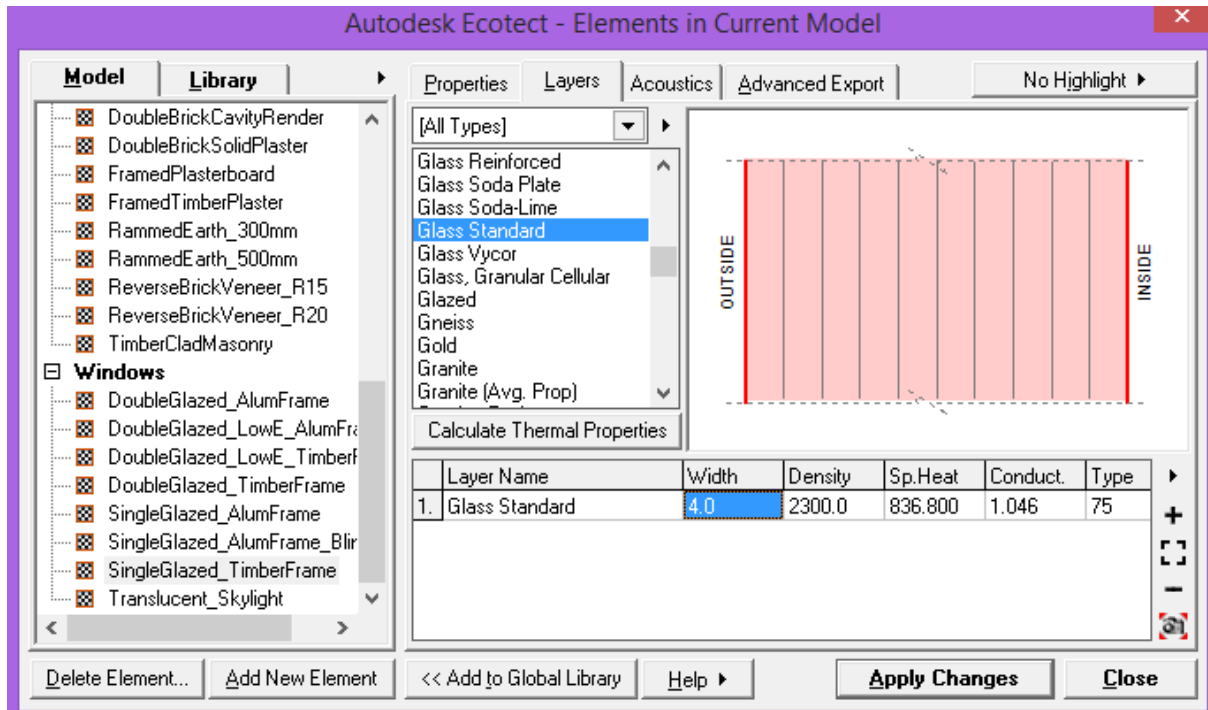
<b>Bloc H</b>		Chambre d'étudiant double	2 x 15.00m <sup>2</sup> < S < 22.00m <sup>2</sup>		Surface du bloc H: 1715m <sup>2</sup>	
		Chambre PMR	36.00 m <sup>2</sup>			
		Cuisine commune	17.00m <sup>2</sup>			
		Salle internet	15.00m <sup>2</sup>			
		Douches	19.00m <sup>2</sup>			
		Sanitaires	9.00m <sup>2</sup>			
	<b>5<sup>ème</sup> étage</b>		Chambre d'étudiant individuelle	2 x 14.00m <sup>2</sup> < S < 18.00m <sup>2</sup>		235m <sup>2</sup>
			Chambre d'étudiant double	19.00m <sup>2</sup>		
			Chambre PMR	26.00m <sup>2</sup>		
			Cuisine commune	18.00m <sup>2</sup>		
			Salle de lecture	15.00m <sup>2</sup>		
			Douches	18.00m <sup>2</sup>		
	<b>6<sup>ème</sup> étage</b>		Chambre d'étudiant individuelle	13.00m <sup>2</sup>		215m <sup>2</sup>
			Chambre d'étudiant double	2 x 19.00m <sup>2</sup> < S < 21.00m <sup>2</sup>		
			Chambre PMR	22.00m <sup>2</sup>		
			Cuisine commune	17.00m <sup>2</sup>		
			Salle de lecture	15.00m <sup>2</sup>		
			Douches	19.00m <sup>2</sup>		
<b>Bloc I</b>	<b>RDC</b>	Réfectoire	169.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 405m <sup>2</sup>		
		Cuisine de préparation	45.35m <sup>2</sup>			
		Livraison/ Espace de stockage	31.00m <sup>2</sup>			
		Hall	85.00m <sup>2</sup>			
		Sanitaires	2 x S = 11.60m <sup>2</sup>			
	<b>1<sup>er</sup> étage</b>		Chambre d'étudiant PMR	31.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 390m <sup>2</sup>	
			Chambre d'étudiant individuelle	5 x 10.35m <sup>2</sup> < S < 14.85m <sup>2</sup>		
			Chambre d'étudiant double	22.60m <sup>2</sup>		
			Buanderie	16.75m <sup>2</sup>		
			Douches	43.70m <sup>2</sup>		
			Sanitaires	16.30m <sup>2</sup>		
	<b>2<sup>ème</sup> étage</b>		Cuisine/salle à manger commune	52.00m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 490m <sup>2</sup>	
			Chambres d'étudiant doubles	5 x 21.30m <sup>2</sup> < S < 23.90m <sup>2</sup>		
			Salle maquette	52.30m <sup>2</sup>		
			Chambre d'étudiant	17.64m <sup>2</sup>		
			Buanderie	16.75m <sup>2</sup>		
			Cuisine/salle à manger commune	42.30m <sup>2</sup>		
			Douches	43.70m <sup>2</sup>		
Sanitaires	16.30m <sup>2</sup>					
Salle de travaux en groupe	33.00m <sup>2</sup>					

<b>Bloc I</b>	<b>3<sup>ème</sup> étage</b>	Salle de lecture	42.70m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 475m <sup>2</sup>	Surface du bloc I : 2615m <sup>2</sup>
		Cuisine/salle à manger commune	52.00m <sup>2</sup>		
		Buanderie	16.75m <sup>2</sup>		
		Douches	43.70m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	16.30m <sup>2</sup>		
		Chambres d'étudiant doubles	5 x 21.30m <sup>2</sup> < S < 23.90m <sup>2</sup>		
		Chambre d'étudiant PMR	30.15m <sup>2</sup>		
	<b>4<sup>ème</sup> étage</b>	Chambre d'étudiant double	22.70m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 440m <sup>2</sup>	
		Chambres d'étudiant individuelles	6 x 14.30m <sup>2</sup> < S 18.85m <sup>2</sup>		
		Chambre d'étudiant PMR	26.15m <sup>2</sup>		
		Cuisine/Salle à manger commune	52.00m <sup>2</sup>		
		Buanderie	16.75m <sup>2</sup>		
		Douches	43.70m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	16.30m <sup>2</sup>		
	<b>5<sup>ème</sup> étage</b>	Chambres d'étudiant individuelles	6 x 12.95m <sup>2</sup> < S < 19.45m <sup>2</sup>	Surface du niveau : 415m <sup>2</sup>	
		Chambre d'étudiant double	22.70m <sup>2</sup>		
		Chambre d'étudiant PMR	26.15m <sup>2</sup>		
		Cuisine/Salle à manger commune	52.00m <sup>2</sup>		
		Buanderie	16.75m <sup>2</sup>		
		Douches	43.70m <sup>2</sup>		
		Sanitaires	16.30m <sup>2</sup>		
<b>Amphithéâtres</b>	<b>RDC</b>	Amphithéâtres	3 x S = 236.00m <sup>2</sup>	708m <sup>2</sup>	708m <sup>2</sup>
<b>Surface d'emprise au sol : 5227 m<sup>2</sup> -&gt; C.E.S : 0.35 %.</b>					
<b>Surface d'occupation du sol totale : 15.528m<sup>2</sup>.</b>					

- Caractéristiques thermiques d'une double cloison en brique creuse avec lame d'air intermédiaire (Les simulation sont établies sur logiciel : Ecotect Analysis 2011 ).



- Caractéristiques thermiques d'une fenêtre à simple vitrage (Simulation établie sur logiciel : Ecotect Analysis 2011 ).



- Caractéristiques thermiques d'une fenêtre à double vitrage (Simulation établie sur logiciel : Ecotect Analysis 2011 ).

Autodesk Ecotect - Elements in Current Model

Model Library Properties Layers Acoustics Advanced Export No Highlight

[All Types]

Silicone Rubber (Low K)  
Silicone Rubber (Medium K)  
Silicone Rubber Rtv 521 Ar  
**Silver**  
Silver Alloys Sterling And Cc  
Slab  
Slate  
Slate (Avg. Prop)  
Slate Shale  
Snow Fresh  
Snow Packed

Calculate Thermal Properties

OUTSIDE INSIDE

Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1. Glass Standard	4.0	2300.0	836.800	1.046	75
2. Argon Gas	16.0	1.8	518.800	0.018	0
3. Glass Standard	4.0	2300.0	836.800	1.046	75

Delete Element... Add New Element << Add to Global Library Help Apply Changes Close

Autodesk Ecotect - Elements in Current Model

Model Library Properties Layers Acoustics Advanced Export No Highlight

DoubleGlazed\_LowE\_TimberFrame

Double glazed with timber frame, emissivity of 0.10.

Building Element: WINDOW

Values given per: Unit Area (m²)

Cost per Unit:	0
Greenhouse Gas Emmission (kg):	0
Initial Embodied Energy (Wh):	0
Annual Maintenance Energy (Wh):	0
Annual Maintenance Costs:	0
Expected Life (yrs):	0
External Reference 1:	0
External Reference 2:	0
LCaId Reference:	0

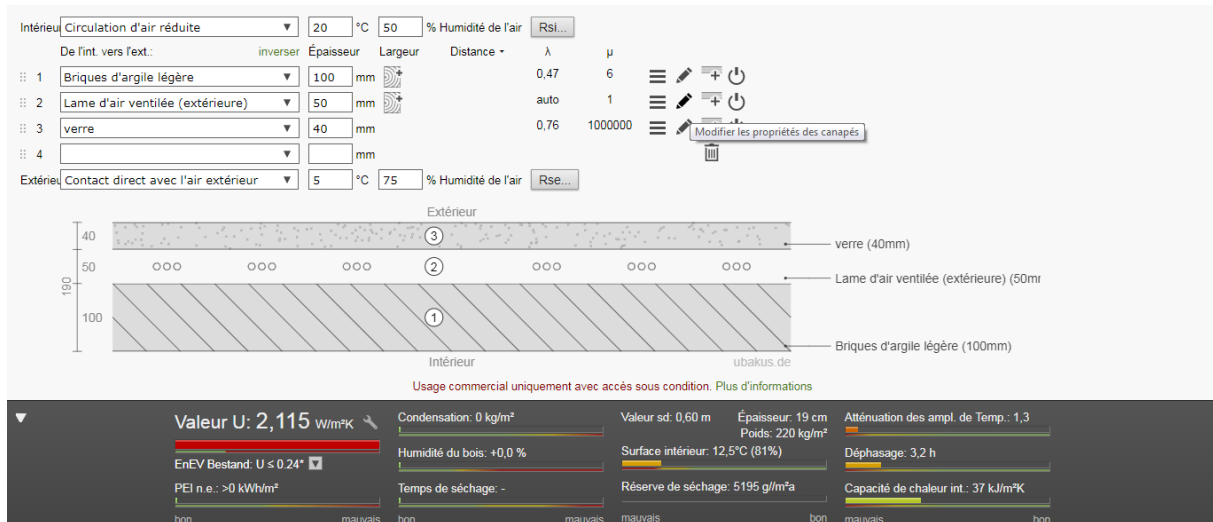
U-Value (W/m2.K):	0.020
Admittance (W/m2.K):	4.870
Solar Heat Gain Coeff. (0-1):	0.75
Visible Transmittance (0-1):	0.639
Refractive Index of Glass:	242.87
Alt Solar Gain (Heavywt):	0.21
Alt Solar Gain (Lightwt):	0.29
Thickness (mm):	24.0
Weight (kg):	18.429

	Internal	External
Colour (Reflect.):	(T:0.639)	(T:0.639)
Emissivity:	0.78	0.78
Specularity:	0	0
Roughness:	0	0

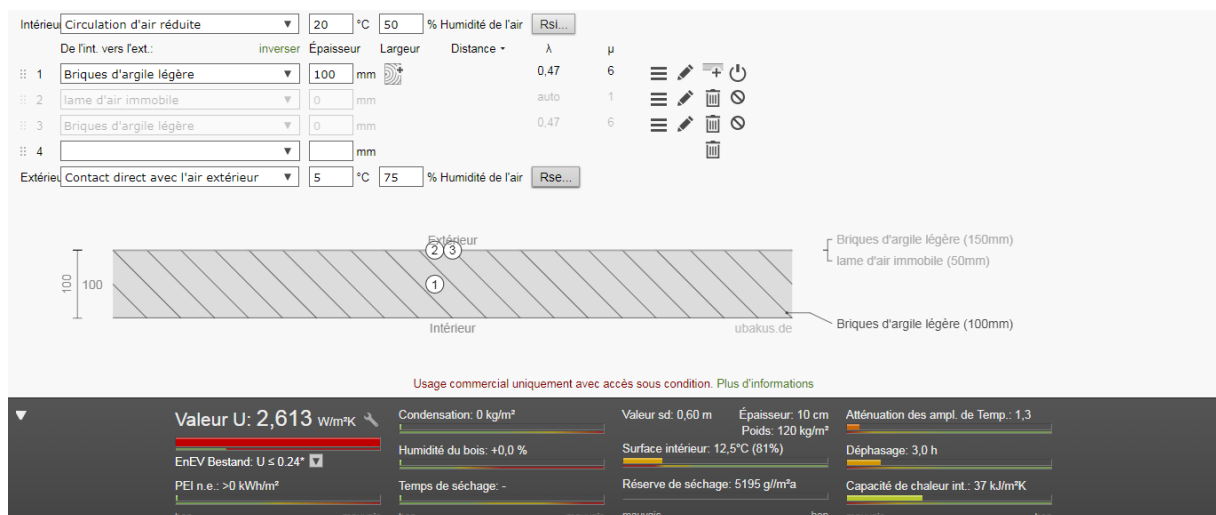
Set as Default Undo Changes

Delete Element... Add New Element << Add to Global Library Help Apply Changes Close

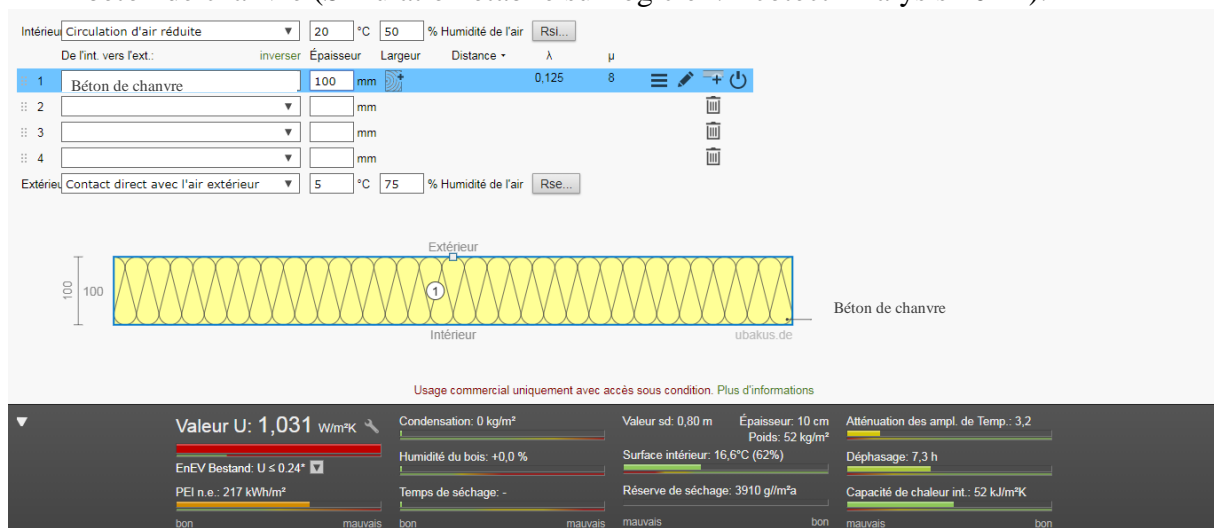
- Caractéristiques thermiques des nouvelles parois Sud des blocs réhabilité : Paroi à double vitrage associée à une cloison en brique creuse de 10 cm (Simulation établie sur logiciel : Ecotect Analysis 2011).



- Caractéristiques thermiques des parois des blocs situés à l'intérieur de la serre : cloisons en brique creuse de 15 cm (Simulation établie sur logiciel : Ecotect Analysis 2011 1 ).



- Caractéristiques thermiques des parois de la résidence : cloisons de 10 cm composé de béton de chanvre (Simulation établie sur logiciel : Ecotect Analysis 2011 ).



## Questionnaire Sur l'Ex-Habitat

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, nous allons procéder à la réhabilitation et à l'extension de l'Ex-Habitat, pour cela nous menons une enquête qui a pour but d'évaluer le niveau des confort au sein de l'établissement, plus précisément au sein des blocs d'ateliers "A" et "B".

Nous vous sollicitons donc pour répondre à quelques questions liées aux confort thermique, acoustique et visuel au sein de vos lieux d'étude et de travail à l'Ex-Habitat. Cela ne vous prendra pas plus de 10 minutes et les résultats seront regroupés et analysés de manière anonyme.

Merci d'avance !

\*Obligatoire

### Nom & Prénom \*

.....

### Option de Master II \*

..... Architecture & Cultures Constructives (High-Tech)

..... Architecture & Environnement

..... Architecture & Patrimoine

### Que pensez-vous de l'image de l'Ex-Habitat ? \*

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

### Que pensez-vous de l'accès à l'établissement ? \*

..... Accès intime et sécurisé

..... Accès isolé et difficilement accessible

### Que pensez-vous de la qualité spatiale de l'école ? \*

..... Espaces suffisants et qualitatifs

..... Espaces insuffisants mais qualitatifs

..... Espaces suffisants mais peu qualitatifs

..... Espaces insuffisants et peu qualitatifs

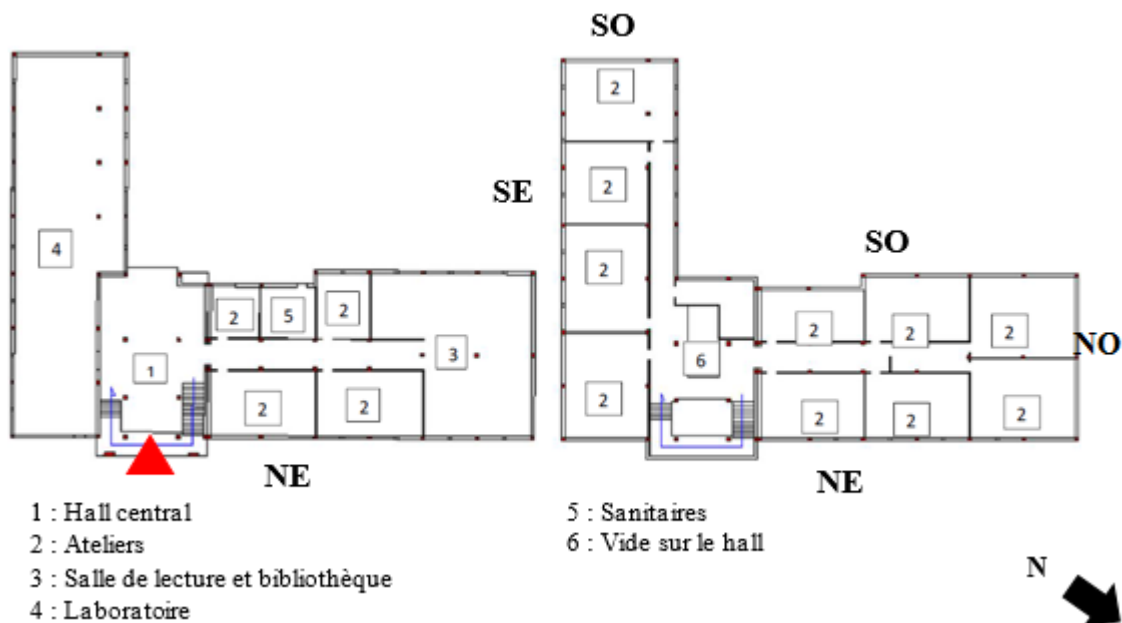
**Sur une échelle de 1 à 5 comment jugez-vous l'état de l'établissement et vos conditions de travail ? \***

- ..... 1 (Très dégradé-es)
- ..... 2
- ..... 3
- ..... 4
- ..... 5 (Très bon-nes)

**Sur une échelle de 1 à 5 comment jugez-vous la vie étudiante dans l'établissement ? \***

- ..... Très conviviale
- ..... Plutôt conviviale
- ..... Peu conviviale
- ..... Inexistante

**Quelle est l'orientation de votre atelier ? \***



- ..... Sud-Est
- ..... Sud-Ouest
- ..... Nord-Est

**Comment évaluez-vous le confort thermique en Hiver (période froide)  
au sein de votre atelier ? \***

- ..... 4 (Extrêmement inconfortable)
- ..... 3 (Très inconfortable)
- ..... 2 (Inconfortable)
- ..... 1 (Légèrement inconfortable)
- ..... 0 (Confortable)

**Comment évaluez-vous le confort thermique en Été (période chaude)  
au sein de votre atelier ? \***

- ..... 4 (Extrêmement inconfortable)
- ..... 3 (Très inconfortable)
- ..... 2 (Inconfortable)
- ..... 1 (Légèrement inconfortable)
- ..... 0 (Confortable)

**Sur une échelle de 1 à 5 comment jugez-vous le confort acoustique  
au sein de votre atelier ? \***

- ..... 1 (Insupportable, trop de nuisances sonores)
- ..... 2
- ..... 3
- ..... 4
- ..... 5 (Confort optimal)

**Sur une échelle de 1 à 5, comment jugez-vous le confort visuel au  
sein de votre atelier ? \***

- ..... 1 (Présence d'éblouissement et pas assez d'éclairage)
- ..... 2
- ..... 3
- ..... 4
- ..... 5 (Confort optimal)

