



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientif



**Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE  
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE**

## **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par :**

**IDRICI Ali**

**OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT**

**Thème**

### **Conception d'un Centre de loisir scientifique durable à Laghouat**

**Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>HABOUL HANNAN</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examineur1</b>
<b>KOURKASE HARZALLAH</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examineur2</b>
<b>OTHMANI MAGHERBI</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Président</b>
<b>BEN HOUHOU MOHAMED NAIM</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Encadreur</b>
<b>BAALI SAIDA</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Co-encadreur</b>

**Promotion : 2016/2017**

---

# **RESUME DE MEMOIRE DE MASTER**

**FILIERE** : Architecture

**OPTION** : Architecture et environnement

**THEME** : Conception d'un Centre de loisir scientifique durable à Djelfa

**PRESENTE PAR :**

- **Ben namia Seifedine**

- **Ben lahrach Hocine Nour eddine**

**ENCADRE PAR :**

- **BEN HOUHOU MOHAMED NAIM**

- **BAALI SAIDA**

## **Résumé :**

À travers ce travail on a élaborés une conception architecturale d'un centre de loisir scientifique durable, dans un climat froid et semi-aride à la ville de Djelfa, l'objectif est de diminuer la consommation énergétique et au même temps de protéger l'environnement, et c'est une occasion pour attirer les visiteurs à découvrir et apprendre la science dans un cadre de loisir à partir des programme proposés et la qualité des espaces, et aussi transposé les connaissances scientifiques suffisantes auprès du public de Djelfa. Et pour assurer le confort dans le CLS on a opté pour deux stratégie passive, l'inertie de sol en enterrant une grande partie du projet, et 'light shelves' pour améliorer la qualité d'éclairage dans la partie enterrée.

**Mots clés :** Conception architecturale, Centre de loisir scientifique, développement Durable, inertie thermique, light shelves.

---

## ملخص مذكرة الماستر

الشعبة: هندسة معمارية

التخصص: هندسة معمارية وبيئة

عنوان المذكرة: مركز الترفيه العلمي المستدام بالجلفة

تقديم الطالب :

بن نعمة سيف الدين

بن لحرش حسين نور الدين

الأساتذة المؤطرين:

- بن حوحو نعيم

- بعلي سعيدة

### الملخص:

في إطار هذا العمل قمنا بتصميم معماري لمركز ترفيهي علمي مستدام في مناخ بارد في مدينة الجلفة، والهدف من ذلك هو الحد من استهلاك الطاقة، وفي الوقت نفسه حماية البيئة وهي فرصة لجذب الزوار لاكتشاف وتعلم العلوم في بيئة ترفيهية وذلك بواسطة البرامج المقترحة ونوعية المساحات، لتوفير الراحة في المركز الترفيهي العلمي اتخذنا استراتيجيتان، وعطالة التربة من خلال دفن جزء كبير من المشروع، و "الرفوف الخفيفة" لتحسين نوعية الإضاءة في الجزء تحت الأرض.

### الكلمات المفتاحية:

التصميم المعماري، مركز العلوم الترفيهي، التنمية المستدامة، عطالة التربة، الرفوف الخفيفة

---

# **ABSTRACT OF MASTER MEMORY**

**CAREER:** ARCHITECTURE

**OPTION:** ARCHITECTURE AND ENVIRONNEMENT

**THEME:** Djelfa's Sustainable Scientific Leisure Center conception

**PRESENTED BY:**

- **Ben namia Seifedine**

- **Ben lahrech Hocine Nour eddine**

**SUPERVISED BY:**

- **BEN HOUHOU MOHAMED NAIM**

- **BAALI SAIDA**

**Abstract:**

This work that we've developed an architectural design of a sustainable scientific leisure center in a cold climate in Djelfa's City, the objective is to reduce energy consumption and at the same time protect the environment and it is an opportunity to attract visitors to discover, and learn science in a recreational setting from the proposed programs and the quality of spaces, and also transposed sufficient scientific knowledge to the Djelfa's public. And w'll also, use the slowness of ground by burying a big part of the project, and 'light shelves' to improve the quality of lighting in the underground part.

**Key words:**

Architectural Design, Science Recreation Center, Sustainable Development, slowness of ground, light shelves

**Remerciements**

Avant tout nous remercions Dieu d'avoir guidé nos pas et de nous donner le courage pour faire ce travail :

À notre encadreur *Mr. Ben houhou*, nous vous exprimons notre gratitude d'avoir bien voulu nous encadrer et nous guider à chaque étape de la réalisation de notre travail, vous avez toujours réservé le meilleur accueil malgré votre obligation professionnelles, votre encouragement inlassables, votre amabilité et votre gentillesse méritent toute notre admiration.

À *Mr. zegggar* , nous vous adressons nos remerciements pour votre participation au jury et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

À *Mr. Merdjaní*, nous vous adressons nos remerciements d'avoir accepté d'être président de jury, pour votre attention et compréhension ;

À *Mr. othmani*, nous vous adressons nos remerciements pour votre participation au jury et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

À tous nos amis, nous vous remercions infiniment pour toute votre amitié, sympathie, soutien.

À tout notre promotion, nous vous remercions pour votre sympathie et convivialité.

À tous nos enseignant, nous vous remercions d'avoir assuré notre formation et toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

## TABLE DE MATIERES

1	introduction générale .....	I
---	-----------------------------	---

1.1	Introduction .....	I
1.2	Problématique .....	III
1.3	Hypothèse .....	III
1.4	Objectifs.....	III
1.5	METHODOLOGIE D'APPROCHE .....	III
2	partie thématique.....	5
2.1	Architecture durable .....	5
2.1.1	Les définitions et terminologie de l'approche environnementale .....	5
2.1.1.1	Le développement durable .....	5
2.1.1.2	L'architecture durable .....	5
2.1.1.3	L'architecture vernaculaire .....	6
2.1.1.4	L'architecture solaire (organique).....	6
2.1.1.5	L'architecture écologique .....	6
2.1.1.6	L'architecture bioclimatique .....	6
2.1.1.7	Bâtiment basse consommation.....	7
2.1.1.8	Passivhaus .....	7
2.1.1.9	Bâtiments autonomes ou bâtiments zéro-énergie.....	8
2.1.1.10	Bâtiment à énergie positive.....	8
2.1.2	Les labels.....	8
2.1.2.1	Le label français Haute Qualité Environnementale .....	9
2.1.2.2	Le label suisse Minergie .....	10
2.1.2.3	Le label anglais BREEAM.....	11
2.1.2.4	Le label allemand Passiv haus .....	11
2.1.2.5	Le label américain LEED.....	12
2.1.3	Synthèse .....	13

2.1.4	La conception bioclimatique .....	15
2.1.4.1	Stratégies et principes .....	15
2.1.4.1.1	La stratégie du chaud .....	16
2.1.4.1.2	La stratégie du froid .....	22
2.1.4.1.3	Synthèse .....	28
2.2	Définition de la culture .....	29
2.2.1	Définition de la culture selon le dictionnaire Larousse.....	29
2.2.2	Définition de la culture scientifique.....	29
2.3	Les équipements culturels .....	29
2.3.1	Définition de l'équipement culturel.....	29
2.3.2	La classification des infrastructures culturelles .....	29
2.4	Le centre de loisir scientifique.....	30
2.5	Motivation du choix de projet (CLS) .....	31
3	partie ANALYTIQUE .....	32
3.1	Analyse des exemples.....	32
3.1.1	Exemple national.....	32
3.1.1.1	Analyse du cadre urbain.....	32
3.1.1.2	Implantation et accessibilité.....	32
3.1.1.2.1	Voisinage et gabarie.....	33
3.1.1.3	Analyse architecturale.....	33
3.1.1.3.1	Analyse de la fonction.....	33
3.1.1.3.2	Analyse de la forme .....	34
3.1.1.3.3	Analyse des façades .....	35
3.1.1.3.4	Analyse des espaces .....	37
3.1.1.4	Analyse technique .....	38

3.1.1.5	Synthèse .....	39
3.1.2	Exemple international .....	39
3.1.2.1	Analyse du cadre urbain.....	39
3.1.2.1.1	Situation et Accessibilité.....	39
3.1.2.1.2	Voisinage et gabarie.....	40
3.1.2.2	Analyse architecturale.....	40
3.1.2.2.1	Analyse de la fonction.....	40
3.1.2.3	Analyse de la forme .....	41
3.1.2.3.1	Analyse de la volumétrie.....	41
3.1.2.3.2	Analyse des façades .....	42
3.1.2.3.3	Analyse des espaces .....	43
3.1.2.4	Analyse de la structure.....	44
3.1.2.5	Les technique et solution bioclimatique.....	44
3.1.2.6	Synthèse .....	45
4	partie PROGRAMMATIQUE .....	46
4.1	Objectif du CLS.....	46
4.2	Programme quantitatif .....	47
4.2.1	Le programme quantitatif des exemples .....	47
4.2.2	Les espaces proposés .....	47
4.2.2.1	Le fablab .....	47
4.2.2.2	Les laboratoires et atelier .....	47
4.2.2.3	Espace d'accueil enfant.....	48
4.2.3	Le programme quantitatif proposé.....	48
4.2.4	L'organigramme fonctionnel .....	49
4.2.5	Le programme qualitatif.....	50

5	partie CONTEXTUELLE .....	58
5.1	Contexte de la ville .....	58
5.1.1	Situation de Djelfa .....	58
5.1.2	Aperçu historique .....	59
5.1.3	Le climat de Djelfa.....	60
5.1.3.1	La température .....	60
5.1.3.2	La pluviométrie .....	61
5.1.3.3	Les vents .....	62
5.1.3.4	L'humidité.....	62
5.1.3.5	Gelée blanche et neige .....	63
5.1.3.6	La nébulosité .....	64
5.1.3.7	Ensoleillement.....	65
5.1.3.8	Synthèse .....	65
5.1.4	Analyse du site .....	66
5.1.4.1	Le choix de site .....	66
5.1.4.1.1	Les critères de choix de site .....	66
5.1.4.1.2	Fiche technique .....	66
5.1.4.2	Dimensionnement du site.....	67
5.1.4.3	L'accessibilité du site.....	68
5.1.4.4	Voisinage et gabarie.....	68
5.1.4.5	L'ensoleillement et vents .....	69
5.1.4.6	Synthèse .....	70
6	partie conceptuelle .....	71
6.1	Genèse de projet .....	71
6.1.1	L'idée du projet.....	71

6.2	Développement de la forme.....	73
6.2.1	Le ruban .....	73
6.2.2	La coupole.....	74
6.2.3	Le dimensionnement.....	75
6.3	L'implantation .....	77
6.4	L'accessibilité.....	78
6.5	Plan de masse.....	79
6.6	L'affectation des espaces .....	80
6.7	Plans de la partie enterrée (sous-sol).....	81
6.8	Plans de ruban.....	83
6.8.1	Plans de coupole.....	85
6.8.2	Les façades .....	86
6.9	Partie technique .....	87
6.9.1	Choix du système structurel :.....	87
6.9.2	Partie enterrée .....	87
6.9.2.1	L'auditorium .....	89
6.9.3	Le ruban .....	90
6.9.3.1	Ascenseur panoramique .....	91
6.9.4	La structure de la coupole .....	92
6.9.5	La structure de pergola et de passerelle .....	92
6.9.6	Revêtement du ruban .....	92
6.9.7	L'assainissement .....	93
6.9.7.1	Le principe de fonctionnement .....	94
6.9.8	Les stratégies bioclimatiques .....	95
1.1.1.1	.....	94

7	Introduction.....	95
8	Problématique .....	95
9	Le confort.....	96
	9.1.1 Motivation du choix du confort thermique .....	96
9.2	Le confort hygrothermique.....	96
	9.2.1 Les 6 paramètres de confort thermique.....	96
	9.2.1.1 La température .....	97
	9.2.1.2 L'hygrométrie .....	98
	9.2.1.3 La vitesse de l'aire .....	99
	9.2.2 Les méthodes d'évaluation du confort thermique.....	100
	9.2.2.1 Indices pour l'évaluation du confort thermique.....	100
	9.2.2.1.1 La température opérative .....	100
	9.2.2.1.2 PMV (Vote Moyen Prévisible) .....	100
	9.2.2.1.3 PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaction).....	101
	9.2.2.2 L'évaluation du confort thermique par des enquêtes in situ .....	101
	9.2.2.3 Les outils graphique d'évaluation du confort thermique .....	102
	9.2.2.3.1 Le diagramme bioclimatique d'Olgyay .....	103
	9.2.2.3.2 Le diagramme bioclimatique de Givoni.....	103
	9.2.3 Notion et principe du confort thermique.....	104
	9.2.3.1 La conception bioclimatique du détail .....	104
	9.2.3.1.1 Les performances thermiques des matériaux de construction ....	104
	9.2.3.1.2 L'inertie thermique .....	105
10	Le choix d'espace a simulé.....	106
	10.1 La simulation .....	107
	10.2 Les programmes de simulations .....	107

10.2.1	Les programmes statiques .....	107
10.2.2	Les programmes dynamiques.....	107
10.2.3	Autodesk Ecotect analysis .....	107
10.3	La phase de simulation .....	108
10.3.1	Cas initial .....	108
10.3.1.1	Cas initial hiver (15 janvier) .....	109
10.3.1.2	Cas été initial (21 juillet).....	109
10.3.1.3	Cas amélioré.....	110
10.3.1.4	Cas amélioré hiver (15 janvier).....	110
10.3.1.5	Cas amélioré été (21 juillet).....	111
10.3.1.6	Synthèse .....	111
11	Conclusion .....	111
1.1.1.2	.....	112
12	Introduction :.....	112
13	Définitions.....	112
13.1	Le confort visuel.....	112
13.1.1	Paramètres physiques .....	113
13.1.2	Caractéristiques propres à l'environnement.....	113
13.1.3	Caractéristiques propres à la tâche à accomplir .....	114
13.1.4	Facteurs physiologiques .....	114
14	Facteurs psychologiques .....	114
15	Les caractéristiques de base du confort visuel .....	114
15.1	Le niveau d'éclairément : .....	114
15.2	Le facteur de lumière du jour .....	116
16	Solutions et principes :.....	118

16.1	Capter.....	118
16.2	Pénétrer :.....	118
16.3	Repartir :.....	118
16.4	- Focaliser :.....	119
17	Espace choisie.....	119
17.1	Présentation de la salle de lecture pour la simulation :.....	119
17.2	Les caractéristiques du système light shelves .....	120
17.2.1	Effet de la hauteur de la partie supérieure de la fenêtre .....	120
18	La simulation .....	122
18.1	Les logiciels de simulation .....	122
18.2	BIM.....	122
18.3	Revit architecture.....	122
18.4	Autodesk Insight 360.....	122
18.5	RADIANCE 2.0.....	123
19	Cas initial .....	123
19.1	Période de simulation : .....	123
19.1.1	Cas initial 21 décembre :.....	123
19.2	Le cas initial 21 juin : .....	124
19.3	2-Cas amélioré.....	125
19.3.1	cas amélioré 21 décembre :.....	126
19.4	Le cas amélioré 21 juin :.....	127
19.4.1	LEED simulation.....	128
19.5	Conclusion.....	128
20	Conclusion générale.....	129

## Liste des figures

Figure 1:1 organigramme de méthodologie d'approche.....	IV
Figure 2:1 Schema du D.D .....	5
Figure 2:2 B.B.C.....	7
Figure 2:3 Construction produisant l'énergie.....	8
Figure 2:4 Carte des célèbre labels .....	9
Figure 2:5 Les 14 cibles de la HQE.....	10
Figure2:6 Critère BREEAM.....	11
Figure 2:7 Les grand principes de LEED .....	12
Figure 2:8 Schéma qui montre la relation entre les différents concept de la durabilité .....	13
.....	
Figure 2:9 Schéma de Stratégie du chaud et du froid .....	15
Figure 2:10 Les principes du confort d'hiver .....	16
Figure 2:11 schéma du captage de la chaleur .....	16
Figure 2:12 Schéma d'une serre.....	17
Figure 2:13 Schéma de principe du mur capteur .....	18
Figure 2:14 Schéma de principe du mur Trombe .....	19
Figure 2:15 Schéma du stockage de la chaleur.....	19
Figure 2:16 Schéma de conservation de la chaleur .....	20
Figure 2:17 Variétés de la compacité de la forme .....	21
Figure 2:18 Schéma de distribution de la chaleur .....	21
Figure 2:19 Les principes du confort d'hiver .....	22
Figure 2:20 Schéma de control de la chaleur.....	22
Figure 2:21 Ex L'exposition universelle de Lisbonne (Portugal) .....	23
Figure 2:22 Typologies de pare-soleil verticaux .....	23
Figure 2:23 Schéma d'éviter la chaleur.....	24
Figure 2:24 Schéma de ventilation naturel en été.....	24
Figure 2:25 Impact de l'incidence du vent sur l'efficacité de la ventilation traversante.....	25
.....	

Figure 2:26 Potentiel de ventilation d'un bâtiment en fonction de l'éloignement d'un obstacle aéraulique.....	25
Figure 2:27 Schéma de refroidissement en été .....	26
Figure 2:28 Les différents effets de la végétation .....	27
Figure 2:29 Schéma de minimisation des apports internes en été .....	27
Figure 2:30 Croquis du mouvement du soleil au cours de l'année .....	28
Figure 2:31 Schéma de CLS .....	31
Figure 3:1 Vue 3D du CLS Bomerdes.....	32
Figure 3:2 Implantation et accessibilité.....	32
Figure 3:3 Voisinage et gabarie.....	33
Figure 3:4 organigramme spatial .....	34
Figure 3:5 Volumétrie du CLS .....	34
Figure 3:6 Traitements de la volumétrie.....	35
Figure 3:7 Façade principale ouest.....	35
Figure 3:8 Façade postérieure est .....	36
Figure 3:9 Façade latéral nord .....	36
Figure 3:10 Façade latéral sud.....	37
Figure 3:11 Plan RDS.....	37
Figure 3:12 Plan 1er étage .....	38
Figure 3:13 Plan du 2eme étage.....	38
Figure 3:14 Démonstration de la structure .....	38
Figure 3:15 Vue Inspiria Science center.....	39
Figure 3:16 Plan de situation .....	39
Figure 3:17 Analyse de plan de situation .....	40
Figure 3:18 Organigramme spatial .....	41
Figure 3:19 Schéma de la volumétrie .....	41
Figure 3:20 Schéma du développement de la volumétrie.....	42
Figure 3:21 La façade principale .....	42
Figure 3:22 La façade secondaire .....	42
Figure 3:23 Traitement de l'entré.....	43
Figure 3:24 diagramme architectural du projet .....	43

Figure 3:25 La distribution des plans .....	44
Figure 3:26 Types de structure .....	44
Figure 3:27 Solution Bioclimatique.....	44
Figure 4:1 Organigramme fonctionnel .....	49
Figure 5:1 Situation de la ville.....	58
Figure 5:2 Développement de la ville de Djelfa.....	59
Figure 5:3 La rose des vents de Djelfa .....	62
Figure 5:4 Courbe (aire) d'humidité de Djelfa.....	63
Figure 5:5 Chute de neige mensuelle moyenne mesurée en eau .....	64
Figure 5:6 Catégories de couverture nuageuse.....	64
Figure 5:7 Heures de clarté et crépuscule.....	65
Figure 5:8 Lever du soleil et coucher du soleil avec crépuscule .....	65
Figure 5:9 Diagramme de Givoni sur la ville de Djelfa .....	65
Figure 5:10 Situation du site par rapport la wilaya et l'université .....	67
Figure 5:11 Dimensionnement du site.....	67
Figure 5:12 L'accessibilité du site.....	68
Figure 5:13 Type de voisinage et Gabarit.....	68
Figure 5:14 Photos des façades en proximité du site.....	69
Figure 5:15 Ensoleillement et vents .....	69
Figure 6:1 Ruban de möbius.....	71
Figure 6:2 schéma démontrant le principe du ruban de möbius.....	71
Figure 6:3 les caractéristique du ruban de möbius .....	71
Figure 6:4 ruban de möbius en 3D (prismatique).....	72
Figure 6:5 Coupole .....	72
Figure 6:6 Schéma de l'inertie du sol pour un projet enterrer.....	73
Figure 6:7 schéma de développement du ruban .....	74
Figure 6:8 photos de saturne.....	74
Figure 6:9 schéma de la coupole .....	74
Figure 6:10 schéma du développement de la coupole .....	75
Figure 6:11 Les différents rapports utiliser dans la volumétrie.....	75
Figure 6:12 la proportion d'or dans le projet .....	76

Figure 6:13 schéma des socles et de la pergola .....	76
Figure 6:14Schéma d'implantation .....	77
Figure 6:15 Schéma de l'accessibilité.....	78
Figure 6:16 Plan de masse .....	79
Figure 6:17 Schéma d'affectation des espaces.....	80
Figure 6:18 Plan de Sous-sol .....	81
Figure 6:19 La circulation de plan de sous-sol.....	82
Figure 6:20 Plan RDC .....	83
Figure 6:21 Étage courant.....	83
Figure 6:22 Plan de 4eme étage.....	84
Figure 6:23 Schéma de circulation dans l'exposition .....	84
Figure 6:24 Pan du planétarium et la S d'exposition .....	85
Figure 6:25 Plan de l'observatoire .....	85
Figure 6:26 Façade sud.....	86
Figure 6:27 Façade nord .....	86
Figure 6:28 Façade Sud .....	86
Figure 6:29Démontions des poteaux .....	87
Figure 6:30 schéma des zone des joint de rupture .....	88
Figure 6:31 Schéma de la cour anglaise .....	88
Figure 6:32 la portée de l'auditorium.....	89
Figure 6:33 Assemblage travers-travers .....	89
Figure 6:34 détail du poteau I.....	89
Figure 6:35 la portée du salle d'exposition.....	90
Figure 6:36 schéma de la portée précontrainte .....	90
Figure 6:37 ascenseur panoramique .....	91
Figure 6:38 détail de l'ascenseur panoramique .....	91
Figure 6:39 la coupole extérieur en structure tridimensionnel .....	92
Figure 6:40 exemple du coupole en cours de réalisation.....	92
Figure 6:41 coupe 3d de la coupole.....	92
Figure 6:42 la passerelle et la pergola .....	92
Figure 6:43 bardage en bois de cls .....	93

Figure 6:44 Schéma de l'épuration .....	93
Figure 6:45 Schéma de fonctionnement du micro station d'épuration .....	94
Figure 6:46 l'avantages de l'inertie du sol.....	95
Figure 6:47 Schéma du mur pour profiter de l'inertie .....	95
Figure 6:48 Schéma des murs extérieur.....	96
Figure 6:49 Schéma des serres .....	96
Figure 9:1 Les pertes thermique dépendent de 6 paramètres physiques .....	97
Figure 9:2 Températures de confort pour différentes activités .....	98
Figure 9:3 ligne de température de confort.....	99
Figure 9:4 Températures de confort pour différentes vitesse relative de l'air.....	99
Figure 9:5 Correspondance entre PPD et PMV .....	101
Figure 9:6 Thermomètre de contact et mesure de température ambiante.....	101
Figure 9:7 Thermomètre de surface à infrarouge .....	102
Figure 9:8 Zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air d'après Olgyay .....	103
Figure 9:9 Le diagramme de Givoni.....	104
Figure 9:10 Maison de vacances sur le littoral danois.....	106
Figure 10:1 La volumétrie Sur élevée du sol.....	108
Figure 10:2 Résultats d'analyse (Hiver cas Initial).....	109
Figure 10:3 Résultats d'analyse (été cas Initial) .....	109
Figure 10:4 La volumétrie enterrée dans le sol .....	110
Figure 10:5 Résultats d'analyse (Hiver cas Amélioré) .....	110
Figure 10:6 Résultats d'analyse (Hiver cas Amélioré) .....	111
Figure 13:1 les composant direct et indirect de l'eclairage naturel.....	113
Figure 13:2 les composante artificiel de la lumiere.....	113
Figure 15:1eclairment .....	114
Figure 15:2 courbe de trois niveaux d'eclairment.....	115
Figure 15:3 niveau d'éclairment .....	116
Figure 15:4 facture du lumière de jour .....	116
Figure 15:5 un local avec une surface vitré .....	117
Figure 16:1 stratégie de l'éclairage naturel .....	118

Figure 17:1 salle de lecture choisie .....	119
Figure 17:2 Le système light shelf la réflexion de la lumière permet de pénétrer la lumière .....	120
Figure 17:3 les composantes de light shelf.....	120
Figure 17:4 le light shelves doublée .....	121
Figure 17:5 la différence entre light shelf à l'intérieur et à l'extérieur qu'il pénètre l'éclairage en risque de l'éblouissement par rapport à l'extérieur.....	121
Figure 19:1 L'ombre portée par le projet 21 déc. à 09h.....	123
Figure 19:2 L'ombre portée par le projet 21 déc. à 15h.....	123
Figure 19:3: L'ombre portée par le projet 21 juin. à 09h .....	123
Figure 19:4 L'ombre portée par le projet 21 juin. à 15h.....	123
Figure 19:5 L'éclairage en 21 décembre depuis insight .....	124
Figure 19:6 rendu de l'éclairage avec RADIANCE 2.0 9h .....	124
Figure 19:7 l'éclairage au 21 juin.....	125
Figure 19:9 rendu d'éclairage courbe iso par RADIANCE ciel couvert .....	125
Figure 19:9 rendu d'éclairage par RADIANCE 2.0 au 15H ciel couvert.....	125
Figure 0:1 coupe de light shelves .....	125
Figure 0:2 l'espace après l'adaptation de light shelves .....	126
Figure 0:3 cas amélioré 21 décembre .....	126
Figure 0:4 l'éclairage après l'amélioration.....	127
Figure 0:5 l'éclairage après l'amélioration courbe iso la journée la plus courte Radiance.....	127
Figure 0:6 cas amélioré 21 juin .....	127
Figure 4- 0:7 SUMMILATION AVEC LABILISATION LEED .....	128
Figure 0:8 le point obtenu dans LEED IEQ C8.1 .....	128

## Liste des tableaux

Tableau 2-1 Comparaissant entre BREEAM HQE LEED .....	14
Tableau 3-1 Programme quantitatif .....	33
Tableau 3-2 Programme qualitatif .....	40
Tableau 4-1 programme quantitatif as partir des exemples analysés .....	47
Tableau 4-2 Programme quantitatif du CLS.....	48
Tableau 4-3 la programmation des Laboratoires de langues .....	50
Tableau 4-4 la programmation des laboratoires .....	50
Tableau 4-5 la programmation Locaux techniques des labos.....	52
Tableau 4-6 la programmation du planétarium .....	53
Tableau 4-7 la programmation d’Auditorium.....	54
Tableau 4-8 la programmation de l’Espace d'exposition.....	55
Tableau 4-9 la programmation d’Observatoire astronomique.....	55
Tableau 4-10 la programmation du Bibliothèque .....	56
Tableau 4-11 la programmation du Fablab.....	57
Tableau 5-1 l'échelle PMV et la sensation thermique .....	100
Tableau 5-2 Confort d'ambiance du bibliothèque.....	106
Tableau 5-3 Recommandations d'éclairage pour différentes zones ou activités .....	115
Tableau 5-4 les valeurs de FLJ et ses exigences de travail.....	117

# 1 INTRODUCTION GENERALE

## 1.1 Introduction

Nous savons tous que notre planète est menacée par l'augmentation inquiétante des gaz à effet de serre, un phénomène naturel permettant à la terre d'avoir une température vivable, du à la présence des GES dans l'atmosphère. En temps normal les gaz responsables de ce phénomène sont en faible concentration dans l'atmosphère, et leur sur concentration provoque un réchauffement climatique. Les gaz qui augmentent cet effet de serre sont principalement issus de la combustion des carburants fossiles, leur consommation est une source principale de la dégradation de l'environnement, qui affectent gravement les écosystèmes.

Cependant Le secteur du bâtiment à lui seul consomme 45% de toute l'énergie devon le transport 33%,<sup>1</sup> Le secteur résidentiel et tertiaire représente 23.2% des émissions de CO2 ce secteur occupe la deuxième place juste derrière les transports par 36%.<sup>2</sup> Et en Algérie le secteur résidentiel et tertiaire consomme 34% de toute l'énergie derrière les transports 44%,<sup>3</sup> et le secteur résidentiel/tertiaire émet 25,3 millions de tonnes de CO2 soit 31% des émissions total juste derrière les transports par 49%.<sup>4</sup> Donc le secteur du bâtiment représente une grande source de pollution atmosphérique

Aujourd'hui, Le climat se modifie. Il n'est plus possible de fermer les yeux. Inondations et sécheresses emportent des vies humaines. La pollution atmosphérique affecte également chacun de nous, au quotidien. L'air que nous respirons et l'eau que nous buvons sont pollués. La protection du climat représente, à l'échelle planétaire, le plus grand défi du 3ème millénaire

C'est à l'évidence que les impacts du pétrole sur l'environnement sont de lourde conséquences, se fier à d'autres ressources énergétiques n'est plus sans risques, Les déchets nucléaires issus de la production d'énergie atomique représentent un risque sans précédent pour les générations à venir, ainsi que la déforestation à des fins de production d'énergie est une des principales causes de la désertification des sols, certaines ressources naturelles s'épuisent

---

<sup>1</sup> ADEM (L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) climat, air et énergie, web édition 2015 page 29

<sup>2</sup> ADEM climat, air et énergie web édition 2015 page 42

<sup>3</sup> Consommation énergétique final de l'Algérie, APRUE (Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie), Ministère de l'Énergie et des Mines, web édition 2014 page 3

<sup>4</sup> Consommation énergétique final de l'Algérie, APRUE, web édition 2014 page 13

dangereusement, et Au rythme actuel de notre consommation, ces ressources énergétiques ne seraient plus à notre disposition.

Le rythme de croissance des consommations d'énergies fossiles est inquiétant, qui nécessite une réflexion car d'ici peu d'années la vie sur terre serai menacée, alors la vie de nos enfants est menacée, l'enjeux est majeur, « Il faut puiser quand la corde est au puits »<sup>5</sup>. Avant qu'il soit trop tard il faut opter pour un développement qui répond à notre besoin ; et cela sans compromettre celui des générations futures, autrement dit un développement durable.

Un développement conciliant l'économie, le social, et l'environnement appliqué au domaine de la construction. Une architecture durable qui construit pour durer avec les ressources disponibles, sans léser les générations futures ; qui prend en compte la notion de coût global ; et Intégrer tout le cycle de vie d'un bâtiment, depuis l'impact de la fabrication des matériaux jusqu'à leur traitement en fin de vie.

Les équipements culturels, ont un effet et un vrai impact sur le plan socio-économique des villes, et un moteur de développement social. Mais les équipements culturels existant à l'échelle national ne sont pas attractifs, et ne visent pas le grand publique ; aujourd'hui certains équipements culturels se rattrape en jouant la carte de loisir, qui est un outil d'attraction, afin d'atteindre le grand publique. Aujourd'hui on trouve cette notion dans les clubs scientifiques, au fur et à mesure cette philosophie a été projetée dans équipement culturel de loisirs scientifique, qui englobe le loisir, la culture, et la science dans une seule infrastructure.

Le Centre de Loisirs Scientifique est un équipement qui a pour mission de démocratiser les sciences auprès du grand public, en sortons du cadre éducatif classique. Vue que la ville de Djelfa a besoin de ce type d'équipement, et sont rare les équipements qui contribuent dans la démarche environnementale. Nous optons pour un centre de loisir scientifique qui incite la société aux recherche scientifique, en participant à la démarche environnementale par un édifice capable de durer, et qui est intégré aux climat de Djelfa caractérisé par un hiver froid. Donc le CLS doit tirer profit de son environnement.

---

<sup>5</sup> Dictionnaire de Proverbes et Dictons, le rober édition GILLES FIRMIN 1998, page 9

### 1.2 Problématique

L'éloignement de notre société des matières scientifique, ainsi que la conscience écologique est absente dans les équipements de la ville de Djelfa. Alors quelle forme devons-nous choisir pour le CLS, afin qu'il soit attractif et vise la majorité de la société, et quelles stratégies bioclimatiques devront nous choisir pour la conception du CLS.

### 1.3 Hypothèse

Il faut choisir une forme nouvelle et originale qui reflète le thème du CLS (le loisir scientifique)

L'inertie du sol offre un confort thermique, le sol réchauffe les locaux et participe à l'isolation. L'inertie du sol représente une solution adaptée à l'hiver de Djelfa.

### 1.4 Objectifs

Contribuer au développement durable par un projet qui respecte l'environnement.

Inciter la société à fréquenter le CLS par une conception qui pousse la curiosité des visiteurs.

L'objectif primaire du CLS c'est la démocratisation des sciences inaccessible auprès du grand public. La vulgarisation scientifique, rend les sciences étonnantes, et les technologies accessibles à tous, les démystifier, les rendre amusantes fun, familier.

Le C.L.S offre des espaces qui contribuent à la réduction du besoin de loisir dans la ville de Djelfa.

### 1.5 METHODOLOGIE D'APPROCHE

Pour atteindre les objectifs tracés on opte les démarches suivantes :

1- La récolte des documents qui ont une relation avec notre sujet de recherche le CLS et la durabilité à Djelfa. Pour enrichir notre connaissance, puis on a fait l'investigation des données récoltes.

2- Une étude analytique d'un exemple international et un exemple national et d'autres exemples complémentaires, qui nous permettent d'atteindre deux objectifs :

- une connaissance approfondie en matière de relations fonctionnelles et spatiales des CLS qui sert à la programmation

- comprendre la stratégie environnementale et durable à travers l'étude des techniques et des dispositifs utilisés

3- L'étude du contexte pour bien connaître les éléments influant sur le site d'intervention par des visites sur terrain, le contact avec les différentes directions, et la consultation des documents graphiques liée à notre site d'intervention pour assimiler les atouts et les contraintes de site.

4- Une approche architecturale l'objectif de cette partie est de procéder à la conception du projet (la méthodologie de la projection architecturale) en présentant l'évolution formelle du projet en tenant en considération les différentes conclusions tirées des chapitres précédent, cette partie consiste aussi à définir les différents dispositifs et techniques environnementaux adoptés au CLS.

5- La simulation numérique consiste à vérifier la faisabilité des dispositifs adoptés pour assurer le confort visuel.

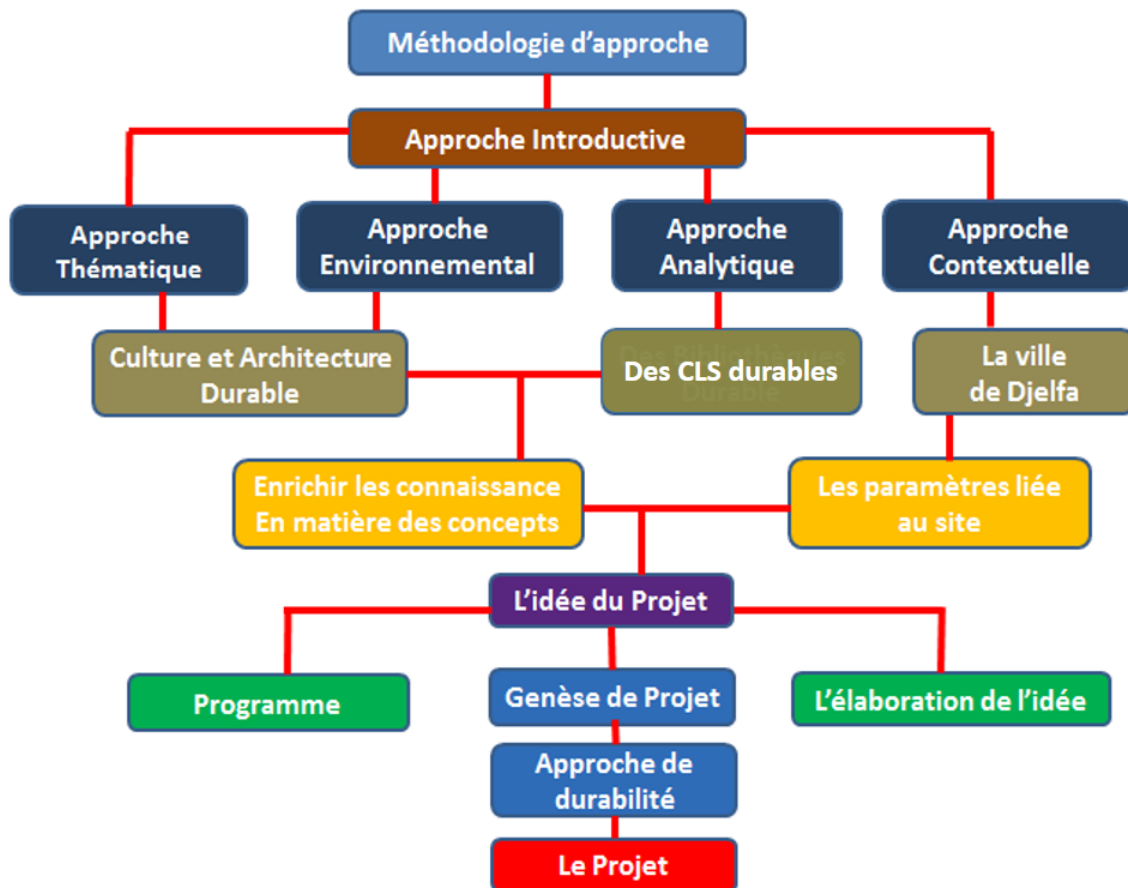


Figure 1:1 organigramme de méthodologie d'approche Source : Auteurs

## 2 PARTIE THEMATIQUE

### 2.1 Architecture durable

Dès quand on parle de l'approche environnementale, plusieurs termes, notions et thèmes peuvent être évoqués. Donc il existe de nombreux termes pour qualifier l'approche environnementale de la construction d'un édifice architectural : « durable », « écologique », « bioclimatique », « BEPOS », « HQE », etc. Certes cette diversité des approches est représentative, des termes avec un même objectif le respect de l'environnement, mais ils ont des principes différents, et proposent des solutions différentes.

#### 2.1.1 Les définitions et terminologie de l'approche environnementale

##### 2.1.1.1 Le développement durable

Le développement durable c'est un développement qui répond aux besoins des générations actuelles sans compromettre ceux des générations futures.<sup>6</sup> La notion du développement durable tour à tour par différentes traditions intellectuelles, elle intègre des réflexions écologiques, économiques et socio-culturelles d'un développement conciliant l'économie, le social (l'accès aux mêmes ressources pour tous) et l'environnemental (la préservation des ressources).

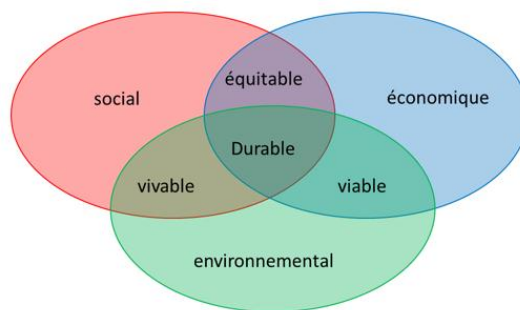


Figure 2:1 Schema du D.D Source Farid Baddache- *Le développement durable* -Eyrolles (2010)

##### 2.1.1.2 L'architecture durable

C'est les principes du développement durable appliqué au domaine de la construction, il s'agit de :

- Construire pour durer avec les ressources disponibles, sans léser les générations futures.
- Prendre en compte la notion de coût global.

<sup>6</sup> Rapport Brundtland

- Intégrer tout le cycle de vie d'un bâtiment, depuis l'impact de la fabrication des matériaux, jusqu'à leur traitement en fin de vie.<sup>7</sup>

### 2.1.1.3 L'architecture vernaculaire

L'architecture vernaculaire a toujours cherché à s'intégrer au climat environnant et a un tirer parti, une réflexion profonde sur l'habitat local. L'architecture vernaculaire est façonnée autant par le climat que par les matériaux disponibles.<sup>8</sup>

### 2.1.1.4 L'architecture solaire (organique)

Née dans les années 70, elle n'utilisait que le soleil direct comme solution d'économie d'énergie. Les maisons bioclimatiques d'aujourd'hui en sont l'aboutissement.<sup>9</sup> L'architecture solaire passive se distingue par la performance de l'enveloppe et le soin mis à tirer partie des gains solaires directs pour raccourcir la saison de chauffage.<sup>10</sup>

### 2.1.1.5 L'architecture écologique

C'est une écoconstruction, combinaison des mots « écologie » et « construction », la notion d'éco-construction est née dans les années soixante pour définir des bâtiments qui minimisent leurs besoins, ainsi que leur impact sur le site et sur l'environnement. Ces bâtiments sont intégrés le plus respectueusement possible dans leur milieu, et mettent en œuvre des ressources naturelles et locales Ils font appel à des matériaux facilement disponibles, renouvelables, et non polluants. L'éco-construction s'inspire en cela de l'architecture vernaculaire et de ses principes de bon sens.<sup>11</sup>

### 2.1.1.6 L'architecture bioclimatique

La démarche bioclimatique consiste à capter les éléments favorables du climat tout en se protégeant des éléments néfastes.<sup>12</sup>

La bioclimatique vise, par sa conception architecturale, à optimiser les ressources du milieu pour en profiter de façon passive. Cela permet de limiter les équipements techniques «

<sup>7</sup> La maison écologique, Louise Ranck, Mai 2009, ÉDITIONS EYROLLES 61, bld Saint-Germain 75240 Paris Cedex 05, Page 5-6

<sup>8</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, décembre 2005, page 59a

<sup>9</sup> Construction écologique quelques définitions, CAUE de la Martinique Page 1

<sup>10</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, décembre 2005, page 61b

<sup>11</sup> La maison écologique, Louise Ranck, Mai 2009, Page 6-7

<sup>12</sup> Comment concevoir sa maison bioclimatique, Guide-conseil I Union Régionale des CAUE des Pays-de-la-Loire, Page 2

actifs », consommateurs d'énergie primaire : les systèmes de chauffage, de transformation de l'énergie solaire en électricité, etc. Un bâtiment compact permet de limiter les surfaces de façades et le refroidissement provoqué par les vents dominants, entraînant des déperditions de chaleur. L'autre aspect de l'architecture bio-climatique concerne la prise en compte de critères environnementaux dans le choix des procédés de construction et des matériaux.<sup>13</sup>

Une construction tendant vers l'autonomie. Dans cette conception intégrée, les divers équipements « actifs » permettant de gérer les calories gratuites du rayonnement solaire, de même que le système de ventilation nécessaire à l'optimisation thermique du bâtiment, ne sont plus que des « assistants », dont la consommation énergétique est minimale.<sup>14</sup>

### 2.1.1.7 Bâtiment basse consommation

Le concept de bâtiment basse consommation (BBC) met l'accent sur les économies d'énergie et l'aspect thermique. Selon certains, le plus important est de commencer par améliorer l'enveloppe du bâtiment pour limiter les déperditions thermiques. Cette démarche est depuis peu référencée sous la forme d'un label dénommé « BBC-Effinergie », qui atteste d'une consommation de 50 kWh/ m<sup>2</sup>/an. Elle comprend également un contrôle de l'étanchéité à l'air, qui doit être inférieur à 0,6 m<sup>3</sup> par heure et par mètre carré.<sup>15</sup>



Figure 2:2 B.B.C  
Source <http://www.royer-batiment.fr>

### 2.1.1.8 Passivhaus

La notion de maison passive est une norme énergétique (allemande) ainsi qu'une appellation utilisée pour certains types de maisons. C'est une maison à très faible consommation énergétique qui offre toute l'année une température agréable sans l'application conventionnelle d'un chauffage. Ce dernier étant compensé par les apports solaires ou internes, et par une très bonne isolation.<sup>16</sup>

Une consommation de 15 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage, une consommation en énergie primaire inférieure à 120 kWh/m<sup>2</sup>/an et une excellente étanchéité à l'air. Ces résultats sont

<sup>13</sup> La maison écologique, Louise Ranck, Mai 2009, Page 6

<sup>14</sup> Manuel d'architecture énergétiquement efficace, Sophie Deruaz architecte urbaniste au CAUE 13, 2008, page 10

<sup>15</sup> La maison écologique, Louise Ranck, Mai 2009, Page 7

<sup>16</sup> Construction écologique quelques définitions, CAUE de la Martinique Page 1

rendus possibles par une isolation renforcée et des apports en chauffage passif. Mais la norme Passivhaus insiste sur la sur-isolation.<sup>17</sup>

### 2.1.1.9 Bâtiments autonomes ou bâtiments zéro-énergie

Le principe des bâtiments autonomes est de produire directement l'énergie nécessaire au chauffage et à l'éclairage, sans dépendre d'un fournisseur extérieur, et de gérer son approvisionnement en eau (récupération de l'eau de pluie, des cours d'eau, etc.), ainsi que son traitement. Cette démarche va de pair avec une réduction de ses besoins et l'utilisation d'équipements peu gourmands en énergie. Elle implique un changement de comportement par rapport aux habitudes actuelles.<sup>18</sup>

#### 2.1.1.10 Bâtiment à énergie positive

Appelé parfois bepos, c'est un bâtiment qui sur une période donnée – en général 1 an - produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. C'est généralement un bâtiment passif très performant équipé en moyens de production d'énergie supérieurs par rapport à ses besoins en énergie.<sup>19</sup>



Figure 2:3 Construction produisant l'énergie Source :

### 2.1.2 Les labels

L'obtention d'une certification et/ou d'un label est une démarche volontaire engagée par un maître d'ouvrage ou un promoteur qui souhaite faire contrôler et reconnaître la qualité de ses

<sup>17</sup> La maison écologique, Louise Ranck, Mai 2009, Page 7

<sup>18</sup> La maison écologique, Louise Ranck, Mai 2009, Page 7

<sup>19</sup> Construction écologique quelques définitions, CAUE de la Martinique Page 1

constructions. Ces différents labels et certifications sont des indicateurs, en termes de confort, d'économie de charges et de respect de l'environnement. Il existe une variété de labels et de certifications tels que HQE, LEAD, BREEAM, ... Ces labels ont comme but de valoriser le bâtiment en diminuant sa consommation énergétique, afin d'assurer la réduction des émissions de gaz à effet de serre afin d'améliorer la qualité de vie.



Figure 2:4 Carte des célèbre labels source : <http://www.qatargreenleaders.com>

### 2.1.2.1 Le label français Haute Qualité Environnementale

C'est une démarche, celle de "management de projet" visant à limiter les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement tout en assurant à l'intérieur du bâtiment des conditions de vie saines et confortables. Esthétique, confort, agrément de vie, écologie, durabilité : la Haute Qualité Environnementale prend en compte la globalité, joue le développement durable et représente ainsi l'état le plus avancé de l'art de construire.<sup>20</sup>

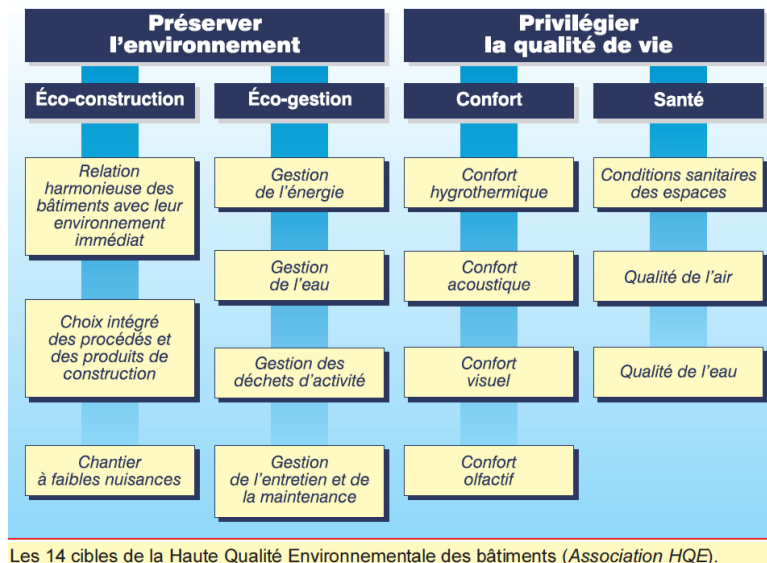


Figure 2:5 Les 14 cibles de la HQE  
Source : traité d'architecture et d'urbanisme

### 2.1.2.2 Le label suisse Minergie

Le standard de construction Minergie vise à promouvoir la construction ou la réhabilitation de bâtiments réduisant la consommation d'énergie non renouvelable tout en assurant des ambiances confortable et saines

Ce standard fixe pour les immeuble d'habitations les exigences suivantes

- Chauffage + eau chaude sanitaire : 42 kWh/m<sup>2</sup> .an.
- Électricité pour les appareils électroménagers : 17 kWh/m<sup>2</sup> .an

Ces objectifs.

- Optimiser les gains d'énergie passivév. Minimiser les déperditions thermiques.
- Utiliser l'énergie d'une manière rationnelle. Utiliser les énergies renouvelables.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Cours HQE, M<sup>e</sup> Hadjoudja Morad, Département d'architecture, Université Amar Télidji Laghouat, Année universitaire 2016/2017

<sup>21</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 187a

### 2.1.2.3 Le label anglais BREEAM

La méthode BREEAM, Building Research Establishment Environmental Assessment Method, a été mise au point en Angleterre en 1990 par BRE Building Research Establishment pour évaluer l'impact environnemental d'un bâtiment depuis sa conception jusqu'à sa démolition.

Cette méthode, du type eco-points, est constituée d'une liste de critères et d'indicateurs. Cette liste de base a été développée de manière différente pour :

Les immeuble de bureaux / Les logements / Les surfaces commerciales / Les bâtiments industriels. Chaque fois qu'un critère est rempli, un point est porté en crédit. La somme des points crédités fournit le résultat global des performances environnementales du bâtiment évalué.<sup>22</sup>

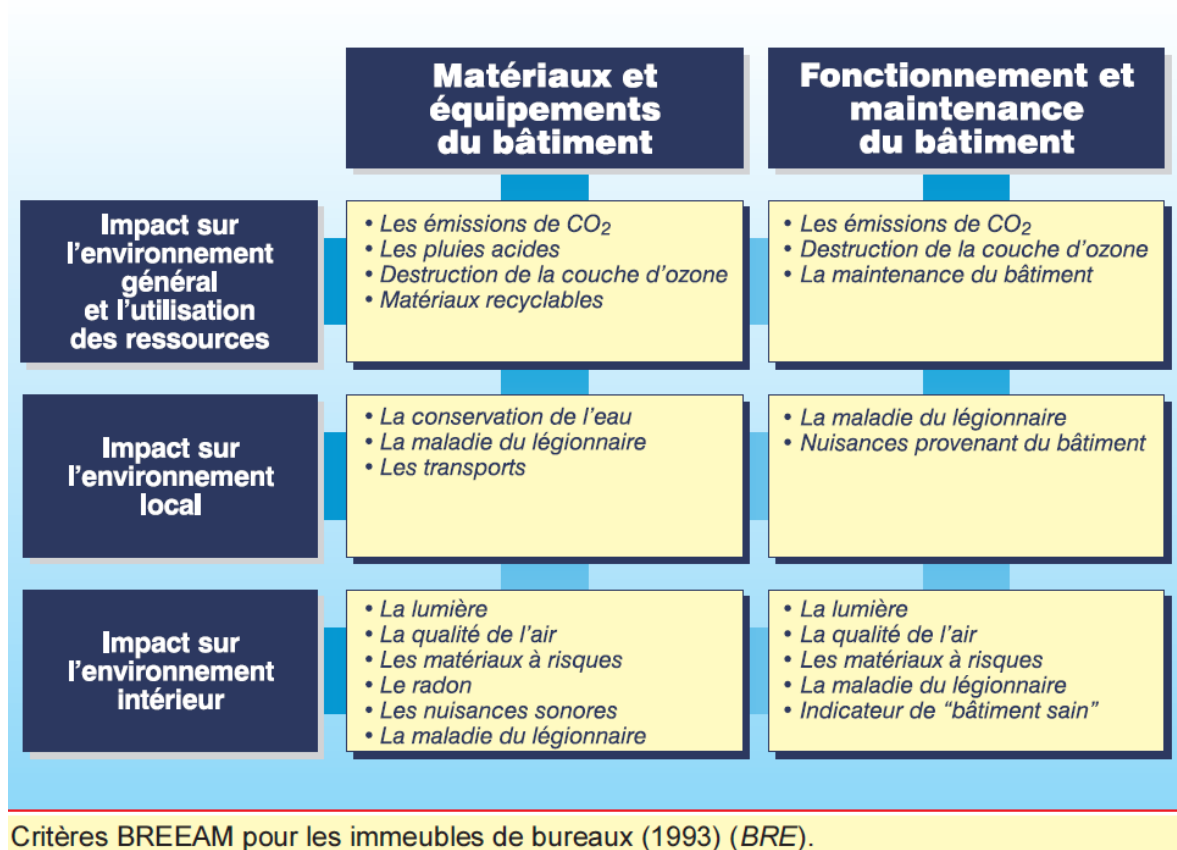


Figure 2:6 Critère BREEAM

source : traité d'architecture et d'urbanisme

### 2.1.2.4 Le

#### Passiv haus

Le label allemand Habitat basse énergie définit un standard de construction visant à réduire la consommation énergétique des immeuble d'habitation tout en assurant un climat

<sup>22</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 185a

intérieur confortable. Ce label a donné naissance en 2002 à une nouvelle réglementation thermique allemande qui reprend les objectifs-cibles du label

Ce label peut être atteint en suivant, lors de la conception du bâtiment, les principes suivants :

- Assurer une conception solaire passive des bâtiments
- Renforcer l'isolation des bâtiments
- Favoriser la complémentarité entre la récupération et les apports d'appoint de chaleur
- Optimiser l'efficacité électrique des équipements
- Utiliser les énergies renouvelables en appoint

L'ensemble de ces mesures devait conduire à réduire les besoins annuels de chauffage à 15 kWh/m<sup>2</sup>.an et à 42 kWh/m<sup>2</sup>.an au total.<sup>23</sup>

### 2.1.2.5 Le label américain LEED

Leadership in Energy and Environmental Design, LEED® est une certification pour les habitations écologiques et saines. « C'est un programme de certification par tierce partie et un point de référence international pour le design, la construction et l'opération des bâtiments durables à haute performance. Il fournit aux propriétaires et aux gérants des bâtiments les outils

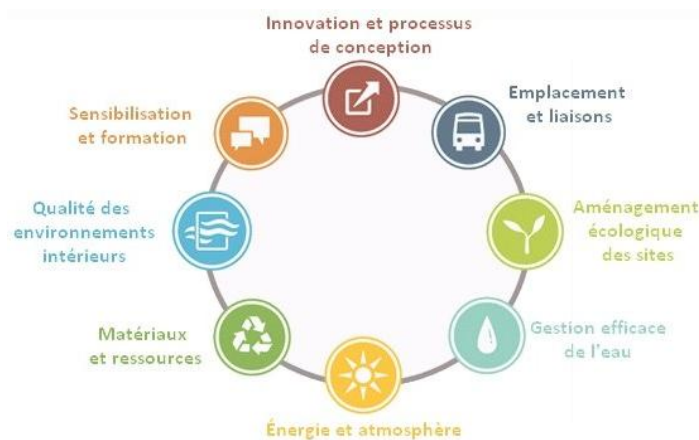


Figure 2:7 Les grands principes de LEED  
source : <http://www.ecohabitation.com>

dont ils ont besoin pour avoir un impact immédiat et mesurable sur la performance de leurs bâtiments. ».<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 188a

<sup>24</sup> <http://www.ecohabitation.com/leed/systemes>

### 2.1.3 Synthèse

La notion du développement durable est générale, dont s'inscrit l'architecture durable, une notion respecter par nos ancêtres dans leurs constructions dit l'architecture vernaculaire qu'on appelle de nos jours l'architecture écologique ; aujourd'hui l'architecture bioclimatique représente l'origine des autres démarches qui représentent des branches de cette démarche ; par exemple le BBC et la branche de l'architecture écologique ; autrement dit le BEPOS et l'aboutissement de l'Énergie 0 et l'Énergie 0 est l'aboutissement du BBC.....

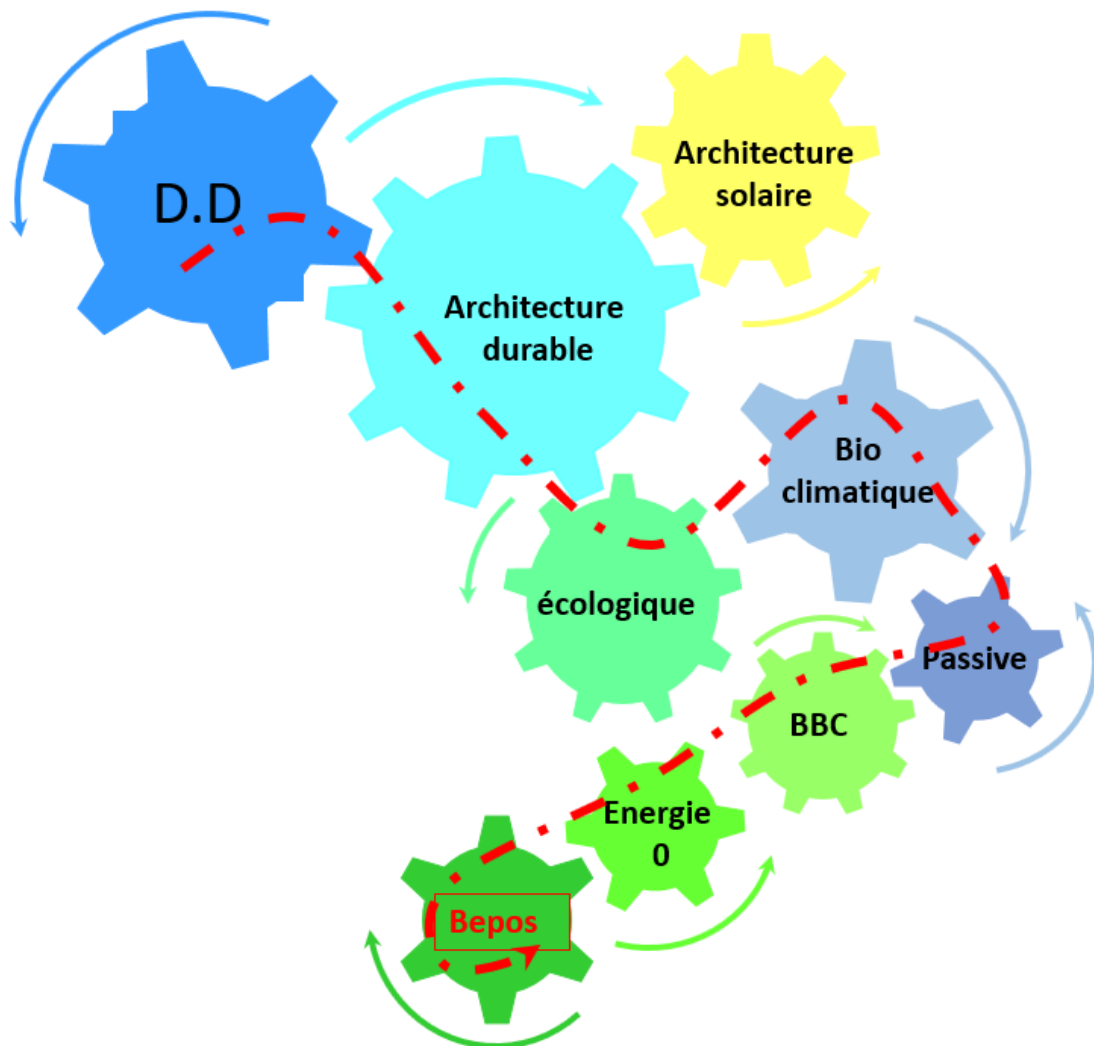


Figure 2:8 Schéma qui montre la relation entre les différents concept de la durabilité  
Source: Auteurs

Tableau 2- I Comparaison entre BREEAM HQE LEED source : <http://www.alto2.ca>

BREEAM	HQE		LEED
<b>GESTION DES PROJETS ENVIRONNEMENTAUX</b>			
Gestion (Man)	Système de gestion globale		Processus d'intégration
<b>PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DU BÂTIMENT</b>			
Énergie (Ene) + Pollution (Pol)	Énergie	Énergie	Énergie et atmosphère
Utilisation du sol et écologie (LE) +	ENVIRONNEMENT	Site	Emplacement et transport (LT) + Sites durables
Matériaux (Mat)		Composants	Matériel et ressources
Gestion (Homme) + Déchets (Wst)		Chantier	Matériel et ressources (MR)+ Sites durables
Eau (we)		Eau	Efficacité de l'eau
Déchets (Wst)		Déchets (Wst)	Matériel et ressources
X		Entretien	X
Santé et bien-être (Hea)		CONFORT	Hygrothermique
	Acoustique		
	Visuel		
	Olfactif		
Santé et bien-être (limité)	SANTÉ	La qualité d'espace	X
Santé et bien-être (limité)		Qualité d'air	Qualité environnementale intérieure
Santé et bien-être (Hea)		Qualité sanitaire de l'eau	X
Innovation	Reconnaissance des principes d'équivalence		Innovation
X	X		Priorité régionale

ations ont une vision environnementales similaires, cependant des LEED et BREEAM, se basent sur le respect de l'environnement. Et l'HQE mis en priorité l'Homme (Confort et Santé).

D

'apr  
ès  
le  
tabl  
eau  
1  
on  
con  
stat  
e  
que  
les  
troi  
s  
cert  
ific

## 2.1.4 La conception bioclimatique

### 2.1.4.1 Stratégies et principes

L'architecture bioclimatique s'appuie sur des stratégies thermiques ; une stratégie du chaud (hiver en climat tempéré) et une stratégie du froid (été en climat tempéré).

La stratégie thermique consiste à trouver le point d'équilibre entre une construction, le comportement de ses occupants et le contexte géographique, pour réduire au maximum l'emploi de ressources énergétiques en assurant un confort nécessaire.

En gros la stratégie de conception bioclimatique prend en compte tous les éléments suivants du macro au micro :

- Topographie - Végétation - Plan masse - Volumétrie - Orientations - Compacité - Toiture - Ouvertures - Cloisonnements - Fournitures intérieures (couleur, matières, effusivité, réflexion, absorption, albédo, etc.) - Revêtements (couleur, matières, effusivité, réflexion, absorption, albédo, etc.).

Pour réussir une conception bioclimatique adaptée, le concepteur doit avoir une bonne maîtrise des outils suivant : L'orientation - La distribution des espaces - L'isolation - L'inertie - la ventilation - L'effet de serre - La compacité.

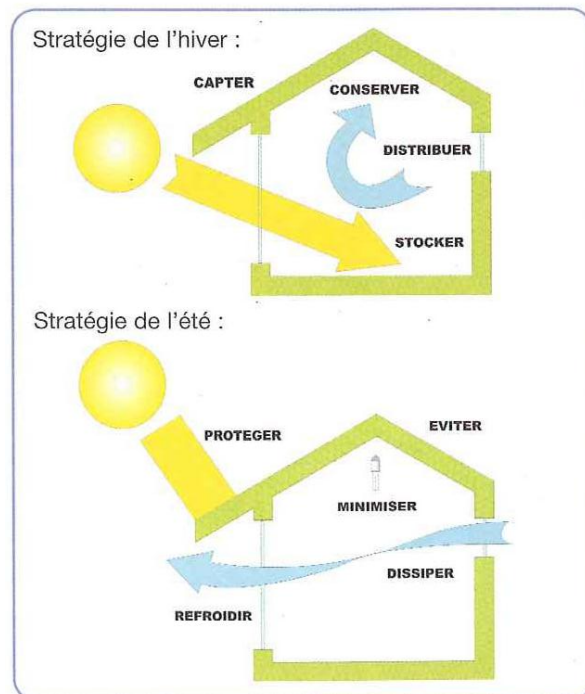


Figure 2:9 Schéma de Stratégie du chaud et du froid  
Source : Cours CONCEPTION CLIMATIQUE de Nicolas TIXIER

La prise en compte en amont de ces éléments devrait être pour le praticien un réflexe naturel tel le skieur qui « négocie » les obstacles avec plus ou moins de dextérité.

La stratégie du chaud en hiver un climat tempéré où l'énergie solaire peut être une contribution importante au chauffage d'un bâtiment. Afin d'atteindre ce but, il faut capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment ; la stratégie du froid en été c'est l'inverse par rapport à la stratégie d'hiver, si la stratégie pour la période froide était de laisser entrer le soleil, et de limiter les pertes de chaleur, celle de la période chaude sera plutôt de minimiser tous les gains et de privilégier leur évacuation vers l'extérieur. Il faut se protéger du rayonnement solaire et éviter les apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.

#### 2.1.4.1.1 La stratégie du chaud

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant.

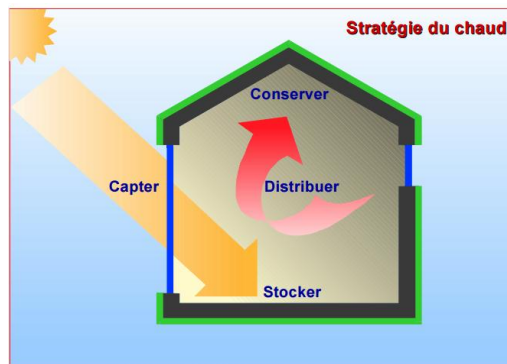
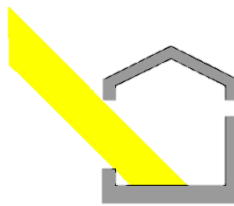


Figure 2:10 Les principes du confort d'hiver  
source : traité d'architecture et d'urbanisme

##### 2.1.4.1.1.1 Capter

Capter la chaleur consiste à recueillir l'énergie solaire et à la transformer en chaleur. Le rayonnement. Le rayonnement solaire n'est pratiquement utilisable qu'au droit des surfaces vitrées, où il est partiellement transmis à l'ambiance intérieure et fournit un gain direct de chaleur.<sup>25</sup>



##### 1.1.1.1.1.1 Les serres

Figure 2:11 schéma du  
captage de la chaleur Source Auteur

<sup>25</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 31a

Les serres et vérandas offrent 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. TRETE<sup>26</sup>

Les serres et les vérandas vitrées fonctionnent comme des espaces servant l'habitation. Il faut donc distinguer la surface vitrée (captage), la capacité de stockage (généralement le sol) et l'interface entre la serre et l'intérieur. L'habitation peut puiser de la chaleur directement par les surfaces vitrées de l'interface, par conduction au droit des surfaces opaques et par convection naturelle (ou éventuellement mécanique) de l'air réchauffé dans la serre. Le rayonnement solaire est le bienvenue pour réchauffer l'air de la serre préchauffer l'air frais. Celle-ci peut offrir un lieu de séjour occasionnel (grande variation des températures) et constitue un espace tampon qui réduit les déperditions thermiques vers l'extérieur.<sup>27</sup>

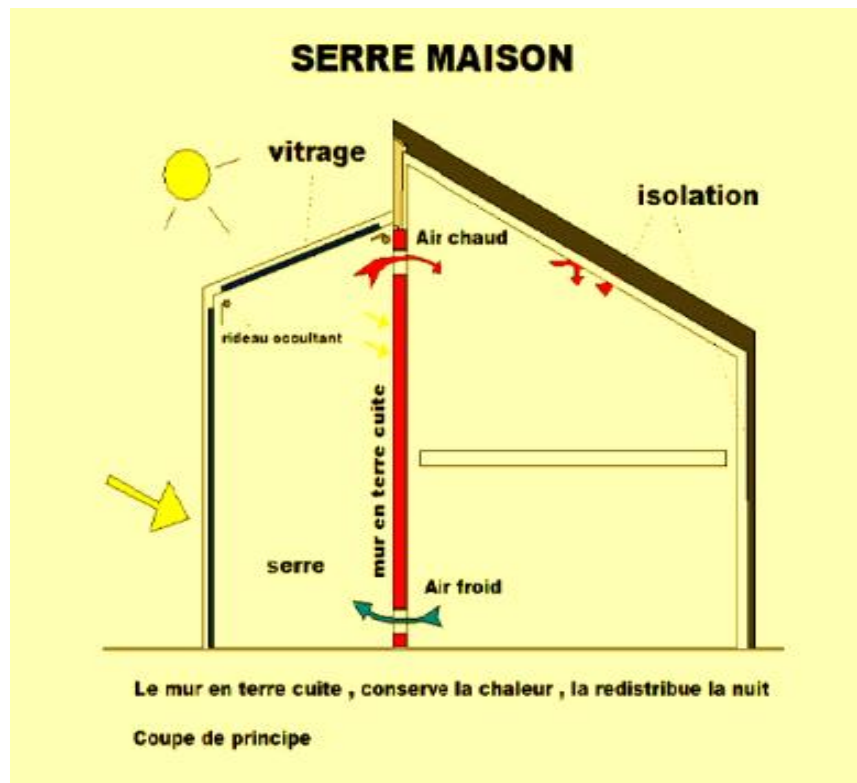


Figure 2:12 Schéma d'une serre Source :Cours CONCEPTION CLIMATIQUE de Nicolas TIXIER

<sup>26</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 70a

<sup>27</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 70a

### 1.1.1.1.1.2 Les murs capteurs

Les murs capteurs captent l'énergie solaire, l'accumulent dans leur masse, l'amortissent et la restituent sous forme de chaleur à l'ambiance intérieure après un déphasage de plusieurs heures.

L'énergie solaire est transmise par conduction à travers le mur puis par rayonnement à l'air de la pièce. Cette transmission se fait avec un déphasage pouvant atteindre 11 heures si l'épaisseur du béton est de 40 cm. En raison des pertes, le mur capteur ne restitue pas la nuit toute l'énergie reçue durant la journée. Afin de limiter ces pertes, il faut prévoir une isolation nocturne ou mettre en œuvre un double vitrage. Pour favoriser l'absorption de la chaleur, on applique une peinture sombre sur la surface extérieure du mur, marron par exemple.<sup>28</sup>

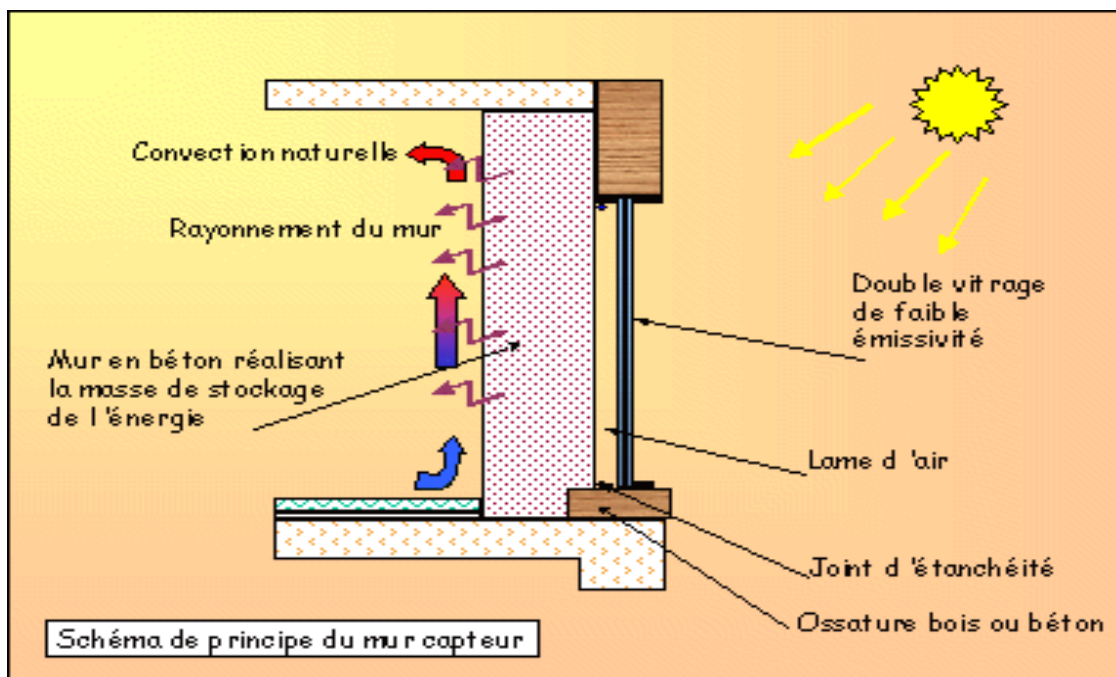


Figure 2:13 Schéma de principe du mur capteur

Source : Mr Dehina Karim - Maître assistant (A) – Cours Stratégies pour un environnement construit durable

Principe du mur Trombe. Il s'agit d'un vitrage suivi d'une lame d'air et d'un mur en béton. Des ouvertures hautes et basses sont réalisées dans le mur afin de créer une circulation d'air par thermosiphon entre la lame d'air et l'air du local à chauffer.

<sup>28</sup> Cours Stratégies pour un environnement construit durable, M<sup>r</sup> Dehina Karim, Département d'architecture –Faculté de technologie Université Amar Téliidji – Laghouat, Année universitaire : 2013/2014

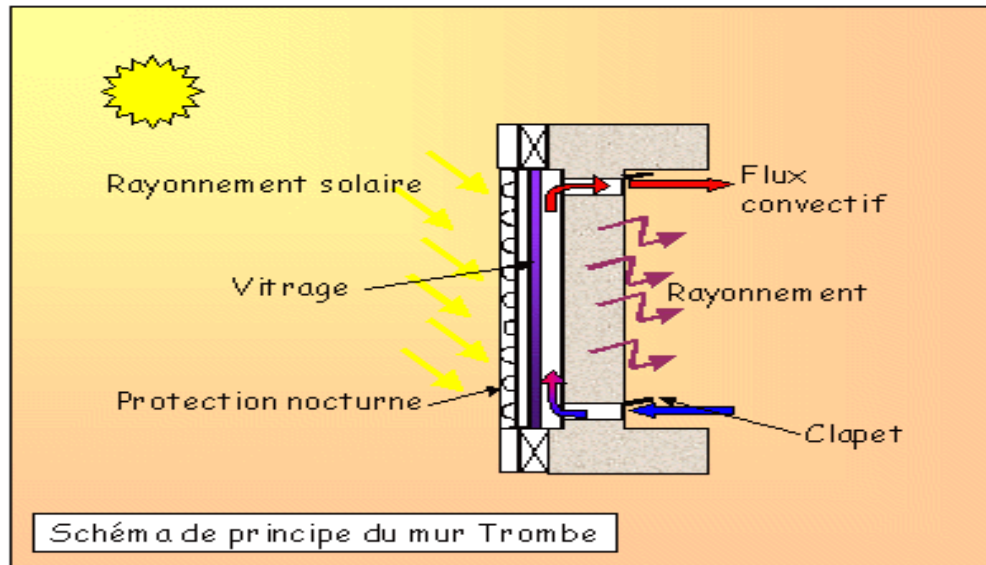


Figure 2:14 Schéma de principe du mur Trombe

Source : Mr Dehina Karim - Maître assistant (A) – Cours Stratégies pour un environnement construit durable

En l'absence de rayonnement solaire, le flux convectif s'inverse pouvant provoquer un refroidissement accéléré de la pièce. Pour éviter cela, il est alors nécessaire de disposer des clapets à fermeture manuelle ou automatique.<sup>29</sup>

#### 1.1.1.1.1.3 La couleur des parois

La couleur et la surface des parois interviennent sur la réflexion de la lumière et des sons. Elles influencent la température de surface des parois en améliorant ou en entravant le stockage de la chaleur.<sup>30</sup>

#### 2.1.4.1.1.2 Stocker

Le rayonnement solaire produit souvent de la chaleur au moment où elle n'est pas nécessaire. Il est alors intéressant de pouvoir stocker cette énergie jusqu'au moment où ce besoin se fait sentir. Ce stockage a lieu au sein de chaque matériau suivant sa capacité d'accumulation.<sup>31</sup>

#### 1.1.1.1.1.4 L'inertie

Prévoir une inertie

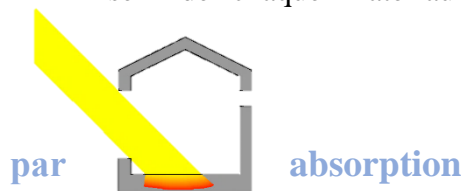


Figure 2:15 Schéma du stockage de la chaleur Source: Auteur

intérieure par absorption

<sup>29</sup> Cours Stratégies pour un environnement construit durable, M<sup>r</sup> Dehina Karim, Département d'architecture –Faculté de technologie Université Amar Télidji – Laghouat, Année universitaire : 2013/2014.

<sup>30</sup>Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 50a.

<sup>31</sup>Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 31a.

suffisante pour que le captage solaire direct ait un bon rendement de récupération.<sup>32</sup>

L'inertie thermique d'un matériau représente sa capacité à absorber ou à restituer de la chaleur. Plus un matériau est inerte, plus il met du temps pour se chauffer ou pour se refroidir. Généralement ce sont les corps les plus massifs (lourds) qui sont les plus inertes.<sup>33</sup>

La conception des parois des bâtiments doit prendre en compte cette caractéristique pour améliorer le confort thermique. Un mur inerte (lourd) chauffé par le soleil mettra plus de temps après le coucher du soleil à diffuser la chaleur accumulée durant la journée. Cette caractéristique permet en hiver de diffuser la chaleur durant le début de la nuit et en été de retarder sa pénétration à l'intérieur durant la journée. Ce décalage de temps s'appelle déphasage thermique.<sup>34</sup>

### 2.1.4.1.1.3 Conserver

En climat froid ou frais, on s'efforcera de conserver toute chaleur, qu'elle découle de l'ensoleillement, d'apports internes ou du système de chauffage. C'est essentiellement la forme et l'étanchéité de l'enveloppe ainsi que les vertus isolantes de ses parois qui limiteront les déperditions thermiques du bâtiment.<sup>35</sup>

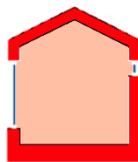


Figure 2:16 Schéma de conservation de la chaleur Source: Auteur

-Avoir une bonne isolation de l'enveloppe. Variété et performance des matériaux par ces caractéristiques -Thermique (conduction, isolation, hygrométrie, inertie...) - Construction (statique, résistance des matériaux...) -Aspect (couleur, surface, etc.) - Acoustique - Transparence ou l'opacité - Facilité de pose - Facilité de transport - Disponibilité - Résistance aux feu - Critères écologiques (recyclable, écobilans de fabrication...) - Toxicité - Sécurité - Prix ...<sup>36</sup>

-Soigner l'étanchéité à l'air

-Avoir un habitat compact afin de diminuer le rapport entre les surfaces en contact avec l'extérieur et le volume intérieur. C'est le coefficient de forme S/V qui doit être faible. Principes

:

<sup>32</sup> Cours Stratégie du chaud / Stratégie du froid (les grand principe), A. Misse, Novembre 2011, ENSAG.

<sup>33</sup> Cours Stratégies pour un environnement construit durable, M<sup>r</sup> Dehina Karim, 2013/2014.

<sup>34</sup> Cours Stratégies pour un environnement construit durable, M<sup>r</sup> Dehina Karim, 2013/2014.

<sup>35</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 31a.

<sup>36</sup> Cours Stratégie du chaud / Stratégie du froid (les grand principe), A. Misse, Novembre 2011, ENSAG.

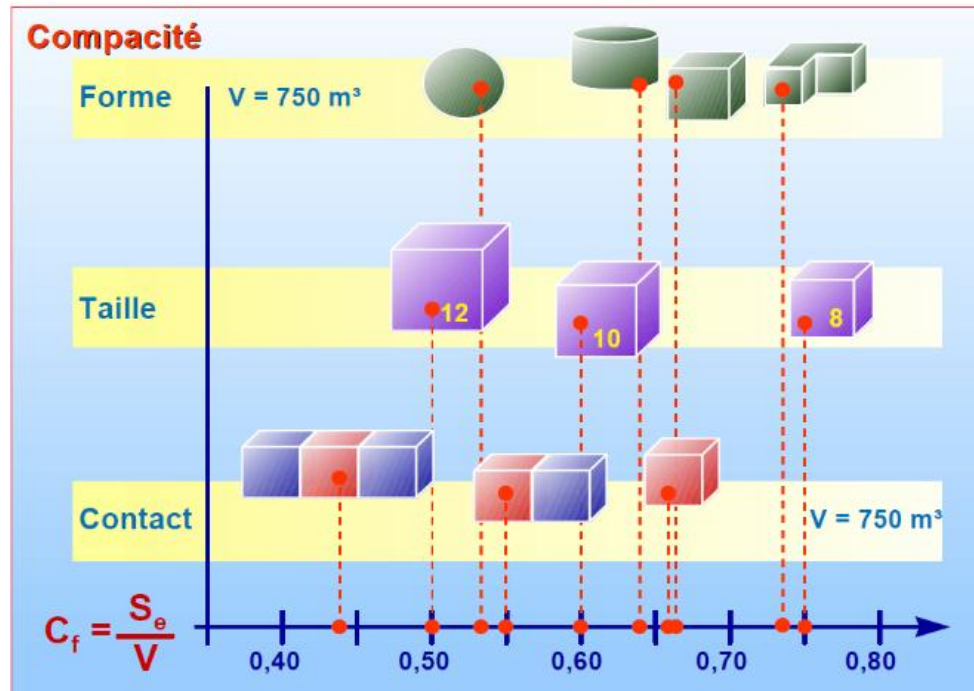


Figure 2:17 Variétés de la compacité de la forme  
source : traité d'architecture et d'urbanisme

- Garder des formes simples
- Construire sur deux niveaux
- Des formes compactes
- Disposer des espaces tampons au nord. Mais aussi des doubles peaux, des sas, des volets, etc.<sup>37</sup> Un espace tampon est un espace non chauffé se trouvant entre un espace habité (chauffé) et l'extérieur. En plus de son rôle fonctionnel (dépôt, lavage, ...) il permet de limiter les déperditions thermiques vers l'espace habité vers l'extérieur.<sup>38</sup>

#### 2.1.4.1.1.4 Distribuer

Distribuer la chaleur dans le bâtiment tout en la régulant consiste à la conduire dans les



Figure 2:18  
Schéma de distribution de la chaleur Source: Auteur

<sup>37</sup> Cours Stratégie du chaud / Stratégie du froid (les grand principe), A. Misse, Novembre 2011, ENSAG.

<sup>38</sup> Cours Stratégies pour un environnement construit durable, M<sup>F</sup> Dehina Karim, 2013/2014.

différents lieux de vie où elle est souhaitable. Cette distribution peut s'effectuer naturellement lorsque la chaleur accumulée dans un matériau durant la période d'ensoleillement est restituée à l'air ambiant par rayonnement et convection. Un autre mode de distribution de la chaleur est celui de la thermocirculation de l'air (migration naturelle des masses d'air chaud vers le haut).<sup>39</sup>

#### 2.1.4.1.2 La stratégie du froid

Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.<sup>40</sup>

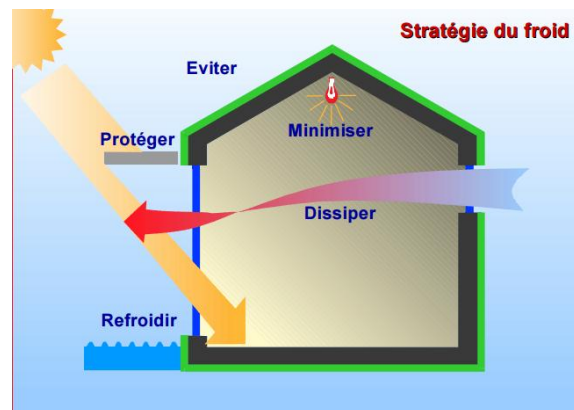


Figure 2:19 Les principes du confort d'hiver  
source : traité d'architecture et d'urbanisme

##### 2.1.4.1.2.1 Contrôler (Protéger)

Protéger le bâtiment, et particulièrement ses ouvertures, de l'ensoleillement direct afin de limiter les gains directs revient à ériger des écrans, afin d'éviter l'échauffement du bâtiment au droit des parois opaques, un niveau d'isolation suffisant doit empêcher la chaleur de s'accumuler dans la masse.<sup>41</sup>

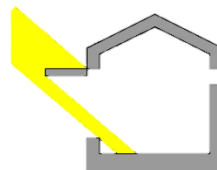


Figure 2:20  
Schéma de contrôle de la chaleur Source: Auteur

Il s'agit de se protéger au maximum des entrées solaires par :

<sup>39</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 31a.

<sup>40</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 32a.

<sup>41</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 32a.

-Des brise-soleils horizontaux au Sud (calculés) Les pare-soleil horizontaux permettent



Figure 2:21 Ex L'exposition universelle de Lisbonne (Portugal) Source : traité d'architecture et d'urbanisme

l'ombrage des façades orientées au sud. Ils sont inefficaces sur les façades orientées à l'est et à l'ouest.

-Des Balcons, Casquettes, Passées de toiture, Stores à lames horizontales situés à l'extérieur.

-Des brise-soleils verticaux à l'Est et à l'Ouest (calculés) Les pare-soleil verticaux protègent les murs extérieurs de l'ensoleillement direct. Ils permettent une ventilation par convection le long de la paroi extérieure du bâtiment.

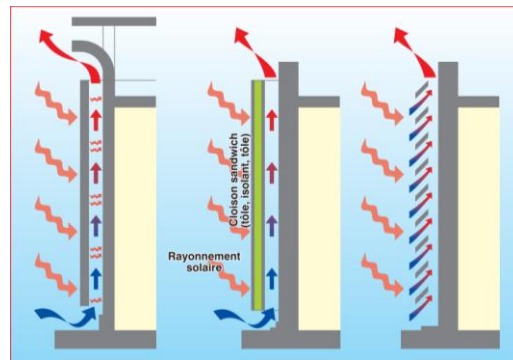


Figure 2:22 Typologies de pare-soleil verticaux Source : traité d'architecture et d'urbanisme

Des Volets, Stores verticaux, et aussi des arbres situés à l'extérieur

#### 2.1.4.1.2.2 Éviter

En climat chaud, il faut particulièrement veiller à éviter les apports de chaleur provenant des parois et des toitures échauffées par le soleil. On y parvient en accroissant leur isolation ou

leur inertie, en offrant des surfaces réfléchissantes au soleil ou encore en limitant les infiltrations d'air chaud dans le bâtiment.<sup>42</sup>

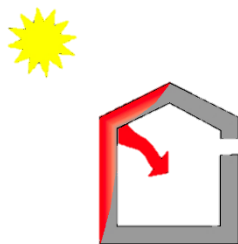


Figure 2:23  
Schéma d'éviter la chaleur  
Source: Auteur

Il s'agit de d'éviter au le transfert de la chaleur vers l'intérieur par les matériaux :

-Par l'isolation des murs.

-Par l'isolation des toitures.

-Par la ventilation des espaces sous toiture.

-Par la présence de végétaux, sur les murs verticaux ou par des toitures végétalisées (mais aussi avec un décalage pour la ventilation de claustras, de doubles peaux).<sup>43</sup>

Il faut aussi prendre en considération le coefficient d'absorption pour différents matériaux et couleurs, qui exprime le rapport entre l'énergie solaire absorbée et l'énergie solaire incidente. Les couleurs claires offrent une meilleure protection des parois au soleil. Comme le démontre la figure 2 :26.

### 2.1.4.1.2.3 Dissiper (Ventiler)

Dissiper les surchauffes, la dissipation des surchauffes peut être réalisée grâce à la ventilation naturelle, en exploitant les gradients de température par le biais d'exutoires produisant un "effet de cheminée". La pression du vent et la canalisation des flux d'air peuvent également être mises à profit pour évacuer l'air surchauffé du bâtiment.<sup>44</sup>



Figure 2:24  
Schéma de ventilation naturelle en été Source: Auteur

<sup>42</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 32a.

<sup>43</sup> Cours Stratégie du chaud / Stratégie de confort thermique (principe), A. Misse, Novembre 2011, ENSAG.

<sup>44</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 32a.

Il s'agit de dissiper l'air chaud rentrer dans l'habitat pendant la journée, ou l'air chaud produit par les activités à l'intérieur de l'habitat.<sup>45</sup>

La ventilation naturelle est toujours due à une différence de pression. Cette variation est due au vent ou à un écart de température. La ventilation traversante s'effectue de la façade en surpression vers la façade en dépression. Cette différence de pression est due au vent ou à un

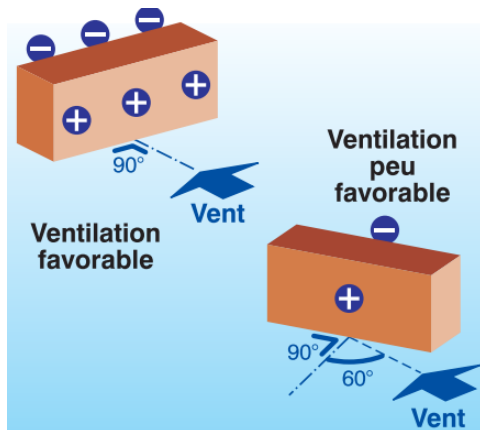


Figure 2:25 Impact de l'incidence du vent sur l'efficacité de la ventilation traversante.  
Source : traité d'architecture et d'urbanisme

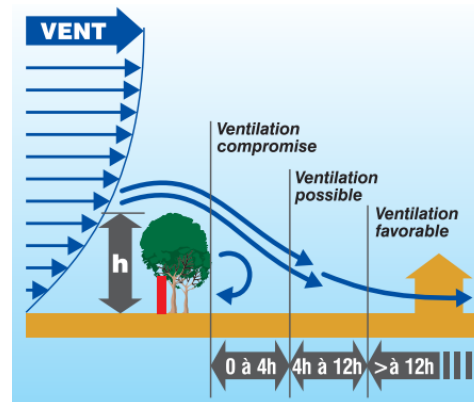


Figure 2:26 Potentiel de ventilation d'un bâtiment en fonction de l'éloignement d'un obstacle aérodynamique  
Source : traité d'architecture et d'urbanisme

écart de température entre la façade ombragée et la façade ensoleillée.<sup>46</sup> (Figure ci-dessous).

Un refroidissement de la masse interne des bâtiments par la ventilation nocturne. Elle est efficace si les écarts journaliers de température sont importants. Les bâtiments à forte inertie thermique permettent de “stocker” de la fraîcheur pendant la nuit et de la restituer aux heures les plus chaudes de la journée.<sup>47</sup>

L'idéal est d'avoir une ventilation transversale (traversant toute l'habitat).

On peut aussi avoir une ventilation verticale et profiter d'un thermosiphon naturel (combinable avec la ventilation traversante).

Les obstacles de proximité influent sur la ventilation des bâtiments. Les effets varient avec la distance, la situation, la hauteur, la porosité, et le volume des constructions. (Figure ci-dessus).

#### 2.1.4.1.2.4 Rafraichir (Refroidir)

<sup>45</sup> Cours Stratégie du chaud / Stratégie du froid (les grand principe), A. Misse, Novembre 2011, ENSAG.

<sup>46</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 148a.

<sup>47</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 147a.

Le refroidissement des locaux peut facilement être assuré par des moyens naturels. Une première solution consiste à favoriser la ventilation (surtout nocturne, afin de déstocker la chaleur emmagasinée la journée) ou à augmenter la vitesse de l'air (effet Venturi, tour à vent, etc.). Un autre moyen consiste à refroidir l'air par des dispositifs naturels tels que des plans d'eau, des fontaines, de la végétation, des conduites enterrées, etc.<sup>48</sup>

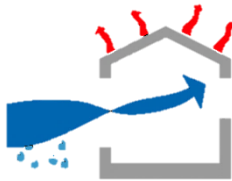


Figure 2:27  
Schéma de refroidissement  
en été Source: Auteur

Il s'agit par un dispositif mécanique ou naturel d'apporter de la fraîcheur dans l'habitat. Quelques possibilités simples

Présence de l'eau. L'utilisation de plans d'eau permet de créer des microclimats et d'atténuer les variations journalières de température. Différents systèmes d'aspersion permettent également de rafraîchir l'air ambiant.

L'eau trouve dans l'air ambiant la chaleur nécessaire pour passer de l'état liquide à l'état de vapeur ; la température de l'air se voit ainsi réduite et l'humidité relative de l'air augmente. Pour maximiser cet effet, il convient d'augmenter la surface de contact air / eau (plans d'eau, etc.) et le mouvement relatif de l'air par rapport à l'eau (jets d'eau, etc.). De nombreuses réalisations dans les climats chauds et secs utilisent l'eau pour rafraîchir les ambiances.<sup>49</sup>

Présence de la végétation La végétation joue un rôle protecteur sur les constructions environnantes. Haies et rangées d'arbres protègent le bâtiment du vent et de l'excès d'ensoleillement en été. Si les espèces sont à feuilles caduques, l'ombrage qu'elles offriront en été se réduira en hiver pour laisser entrer les rayons du soleil. À cet égard, il est préférable de choisir une espèce à large feuille, faisant peu de bois, pour maximiser l'ombrage en été et minimiser le blocage du soleil en hiver. Il ne faut pas oublier que, même dépourvus de leurs feuilles, les arbres réduisent l'insolation effective de 20 à 40 %.

<sup>48</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 32a.

<sup>49</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 77a.

La végétation grimpante contribue également à réduire les pertes par convection au droit de l'enveloppe du bâtiment et améliore son comportement énergétique. La vapeur d'eau émise par évapotranspiration des feuillages permet de rafraîchir l'air ambiant.<sup>50</sup>

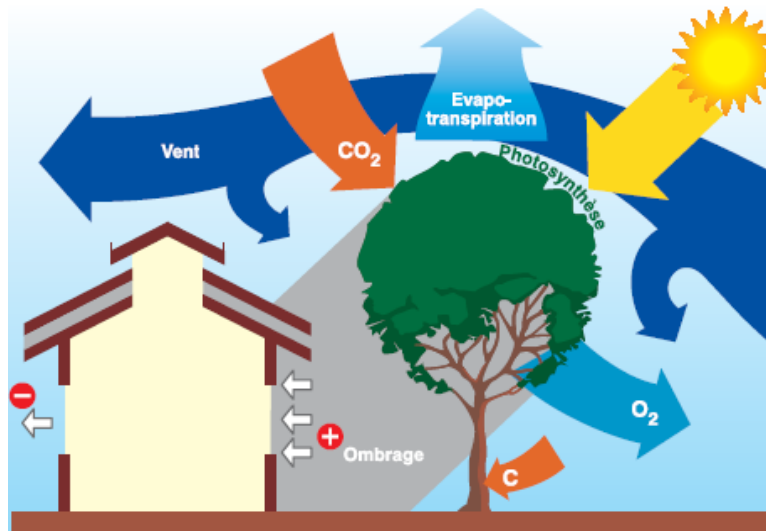


Figure 2:28 Les différents effets de la végétation  
Source : traité d'architecture et d'urbanisme

#### 2.1.4.1.2.5 Minimiser

Minimiser les apports internes : Minimiser les apports internes vise à éviter une surchauffe des locaux due aux occupants et aux équipements : l'éclairage artificiel, l'équipement électrique, la densité d'occupation des locaux, etc. Certains apports peuvent être facilement minimisés en favorisant, par exemple, l'éclairage naturel.<sup>51</sup>



Figure 2:29  
Schéma de minimisation des apports internes en été  
Source: Auteur

<sup>50</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 77a.

<sup>51</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 32a.

### 2.1.4.1.3 Synthèse

L'implantation judicieuse d'un édifice est la tâche la plus importante de l'architecte. Elle détermine l'éclaircement, les apports solaires, les déperditions, les possibilités d'aération, etc.

L'orientation d'un édifice répond à sa destination : les besoins en lumière naturelle, l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe, l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été, sont autant de paramètres importants dans le choix de l'orientation.

Les serres et vérandas offrent un espace tampon qui favorise le captage du rayonnement solaire. En hiver, le rayonnement solaire est le bienvenu pour réchauffer l'air. En été, des protections solaires extérieures et une ventilation continue permettent de limiter la surchauffe.

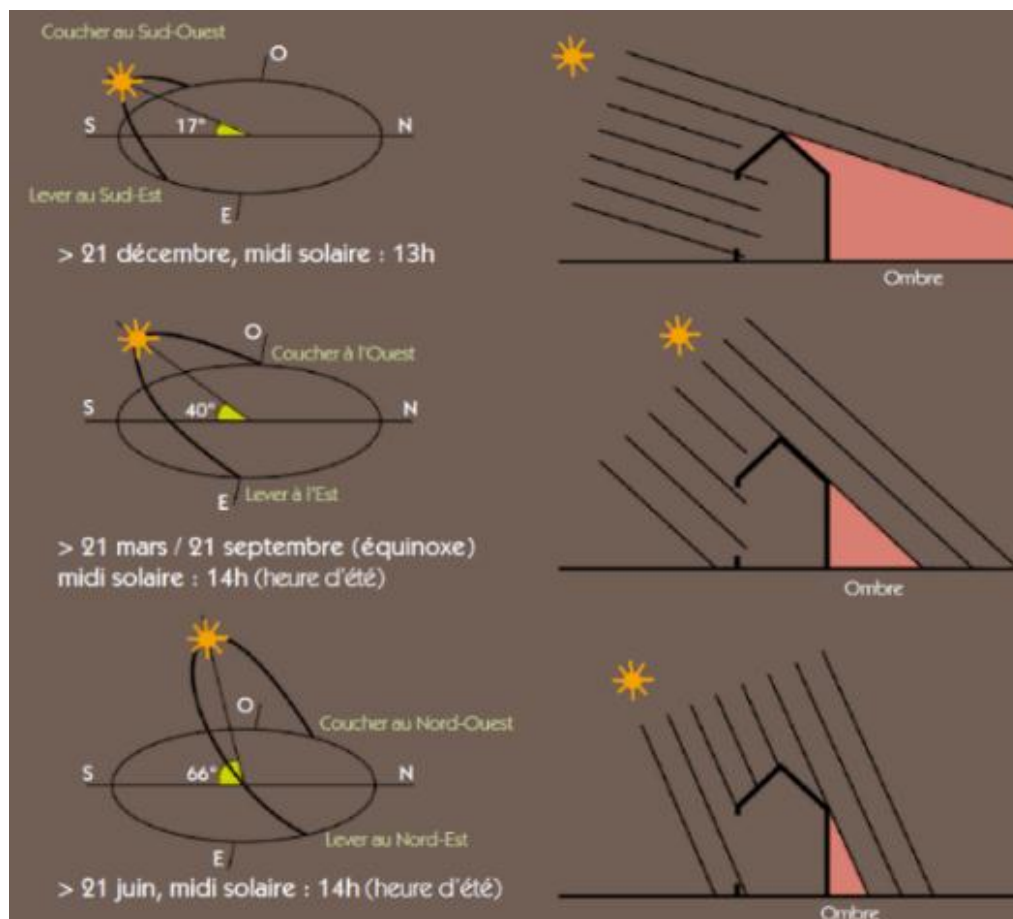


Figure 2:30 Croquis du mouvement du soleil au cours de l'année Source: Guide-conseil comment concevoir sa maison bioclimatique

## 2.2 Définition de la culture

### 2.2.1 Définition de la culture selon le dictionnaire Larousse

La culture est l'ensemble des connaissances acquises, instruction, savoir, un ensemble des structures sociales, religieuse...des manifestation intellectuelles, artistiques...qui caractérisent une société.<sup>52</sup>

### 2.2.2 Définition de la culture scientifique

La culture scientifique peut être définie comme l'ensemble des connaissances et compétences en sciences et technologies que les individus ont acquises et utilisent au quotidien.<sup>53</sup>

## 2.3 Les équipements culturels

### 2.3.1 Définition de l'équipement culturel

Une infrastructure culturelle est un bâtiment, local ou lieu physique qui a une longue durée de vie utile, dont la création comporte une période de gestation importante, qui n'a pas de substitut pertinent à court et à moyen terme, qui est doté de moyens matériels spécialisés, qui est majoritairement dédié à la réalisation d'une fonction culturelle.<sup>54</sup>

Donc c'est une infrastructure qui développe l'échange culturel et de communication, produite le savoir et le mettre au service de la société.

### 2.3.2 La classification des infrastructures culturelles

1. Lieux dédiés aux arts visuels, métiers d'art et arts médiatiques
2. Lieux dédiés aux arts de la scène

### 3. Lieux dédiés au patrimoine, aux institutions muséales et aux archives

#### 3.1. Lieux dédiés au patrimoine

### 3.2. Institutions muséales

#### 3.2.1. Musées

#### 3.2.2. Musées d'art

#### 3.2.3. Musées d'histoire, d'ethnologie, d'archéologie

#### 3.2.4. Musées de sciences naturelles et environnementales

#### 3.2.5. Musées de science et technologie

<sup>52</sup> Le petit LAROUSSE illustré, 1983. DUBOIS C, rédacteur en chef, librairie Larousse

<sup>53</sup> *Guide pratique de la culture scientifique et technique des projets de*, Johanna Deridder, 2005 Page 09

<sup>54</sup> Les infrastructures culturelles dans la municipalité par : Serge Bernier et Pascale Marcotte, université du Québec a trois -rivières, page 04

3.2.6. Lieux d'interprétation (incluant les sites patrimoniaux)

3.2.7. Lieux d'interprétation en histoire, ethnologie, archéologie

### **3.2.8. Lieux d'interprétation en sciences naturelles et environnementales, et en science technologie**

3.2. Centres d'exposition

3.3. Centres d'archives

3.4. Lieux dédiés au patrimoine, aux institutions muséales et aux archives

4. Bibliothèques

5. Infrastructures du livres

6. Infrastructures de l'enregistrement sonore

7. Infrastructures du cinéma et de l'audiovisuel

8. Infrastructures de la radio et de la télévision

9. Infrastructures multi domaines<sup>55</sup>

## **2.4 Le centre de loisir scientifique**

Un centre de loisirs scientifiques fait partie des lieux d'interprétation en sciences naturelles et environnementales, et en science technologie

Ce groupe comprend les infrastructures culturelles dédiées spécifiquement à des fonctions de recherche, d'éducation et d'action culturelle et fait la diffusion et la mise en valeur d'une thématique particulière liée aux sciences naturelles et environnementales, et liée à une ou plusieurs sciences exactes ou techniques, par la présentation d'expositions ouvertes au public, l'organisation d'activités éducatives et culturelles ou la production de publications. Les thématiques des lieux d'interprétation en sciences naturelles et environnementales, et technologie se rapportent à une ou à plusieurs disciplines telles que la biologie, la géologie, la botanique, et l'écologie, l'astronomie, la physique, la chimie, etc.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Les infrastructures culturelles dans la municipalité nomenclature, recensement et état des lieux par : serge bernier et pascalle marcotte, page 21et22

<sup>56</sup> Les infrastructures culturelles dans la municipalité nomenclature, recensement et état des lieux par : serge bernier et pascalle marcotte, page 21et22

Le centre de Loisirs Scientifiques est un organisme à but non lucratif qui a pour mission de promouvoir le loisir ainsi que la culture scientifique et technologique auprès des jeunes et du grand public, un centre de loisirs scientifiques à trois fonctions principales qui sont : Culture,

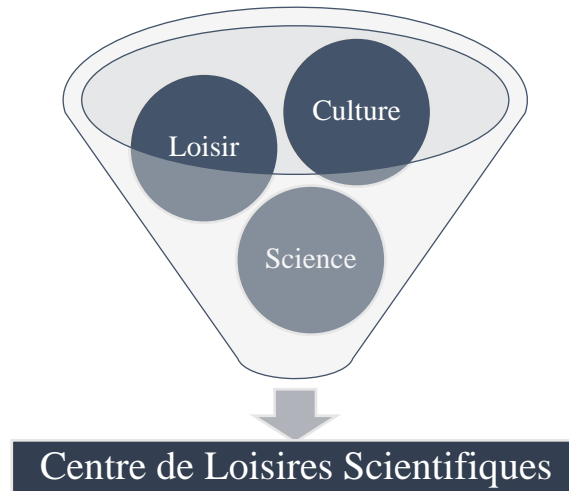


Figure 2:31 Schéma de CLS Source: Auteurs

loisir, science.<sup>57</sup>

## 2.5 Motivation du choix de projet (CLS)

Aujourd'hui la science n'a plus de frontière, et personne ne peut nier que la science est un moteur de développement social, et ainsi qu'il contribue positivement à la croissance de l'économie et l'amélioration de la qualité de vie. L'innovation et la main d'œuvre qualifiée ont un impact direct sur le développement économique de la région.

Le manque des équipements culturels et scientifiques ainsi que les équipements de loisir dans la ville de Djelfa, nous a poussé à opter pour un équipement culturel à vocation scientifique, et un Centre de Loisirs Scientifique joue très bien ce rôle de culture et science, ainsi qu'il est attractif par l'esprit de loisir.

<sup>57</sup> Le loisir scientifique, un concept en mutation Sylvie Toupin, coordonnatrice du développement scientifique, Conseil de développement du loisir scientifique, Montréal

### 3 PARTIE ANALYTIQUE

#### 3.1 Analyse des exemples

Les équipements de CLS se diffèrent par leur vision ; certains focalisent sur le loisir et d'autres sur la culture... Et pour mieux comprendre cette diversité on analyse deux exemples, un exemple national et l'autre international et on les enrichi par plusieurs exemples complémentaires. Afin de les considérer comme un guide a la conception.

##### 3.1.1 Exemple national

CLS de Boumerdes en cour de réalisation.



Figure 3:1 Vue 3D du CLS Bomerdes

##### 3.1.1.1 Analyse du cadre urbain

##### 3.1.1.2 Implantation et accessibilité

Type d'implantation isolé ponctuel, oblique sur la rue, la relation parcelle-construction est faible.

Accessibilité, piétonne et mécanique est facile.

Parking de 5 places que pour les fonctionnaires ; donc parking insuffisant dans la parcelle.



Figure 3:2 Implantation et accessibilité Source: Auteurs

### 3.1.1.2.1 Voisinage et gabarie

Le voisinage est de type sportif. Ce qui favorise la fréquentation des jeunes a le CLS  
 La proximité du lotissement représente un potentiel des usagers



Figure 3:3 Voisinage et gabarie Source: Auteurs

### 3.1.1.3 Analyse architecturale

#### 3.1.1.3.1 Analyse de la fonction

##### 3.1.1.3.1.1 Le programme qualitatif

D’après le programme on remarque que chaque filaire scientifique a son propre atelier qui représente un espace servit.

Tableau 3-1 Programme quantitatif Source Auteurs

ESPACE	NOMBRE	SURFACE	ESPACE	NOMBRE	SURFACE
Hall d’accueil	1	55.42 m <sup>2</sup>	Atelier audio visuel	1	28.42 m <sup>2</sup>
Salle de conférence	1	199.34 m <sup>2</sup>	Atelier biologie	1	28.42 m <sup>2</sup>
Café club	1	72.38 m <sup>2</sup>	Atelier électronique	1	28.67 m <sup>2</sup>
Labo langue	1	36.38 m <sup>2</sup>	Atelier astronomies'	1	28.67 m <sup>2</sup>
Bibliothèque	1	68.28 m <sup>2</sup>	Atelier alpha info	1	27.86 m <sup>2</sup>
Cyber espace	1	56.12 m <sup>2</sup>	Atelier écologie	1	28.67 m <sup>2</sup>
Administration	1	100.2 m <sup>2</sup>	Atelier energies	1	28.67 m <sup>2</sup>
Atelier maintenance	1	15.30 m <sup>2</sup>			

### 3.1.1.3.1.2 Organigramme spatial

L'organigramme fonctionnel nous aide à déterminer la nature des relations entre les espaces.

L'interaction entre les usagers est l'un des grands principes du CLS donc l'espace commun et central. Les activités culturelles et les ateliers sont les espaces principaux.

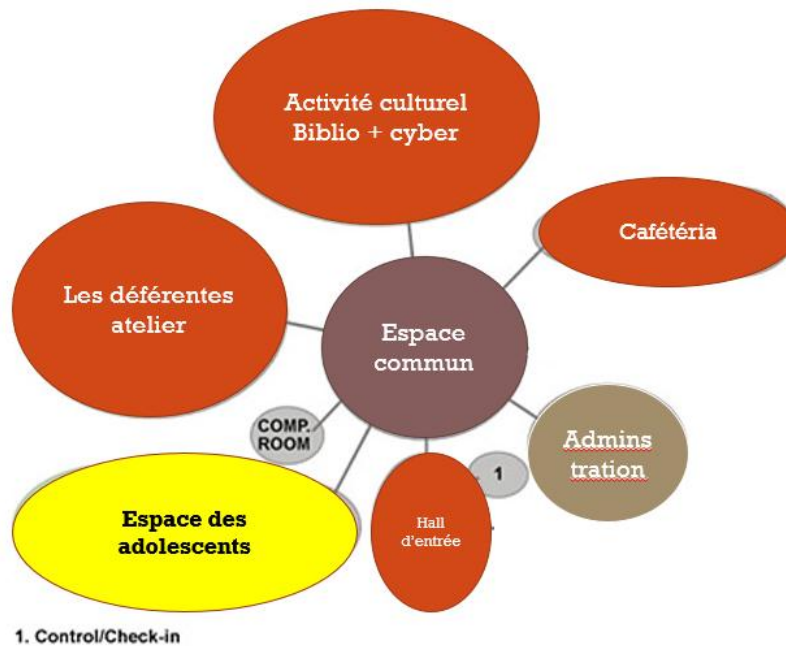


Figure 3:4 organigramme spatial Source: Auteurs

### 3.1.1.3.2 Analyse de la forme

#### 3.1.1.3.2.1 Analyse de la volumétrie

Les grandes lignes de l'enveloppe forment un volume qui rappelle à un volume parallélépipédique tendant vers cubique. Un coefficient de forme S/V faible, Garde une forme simple, forme compact, Construction sur deux niveaux et même plus.



Figure 3:5 Volumétrie du CLS Source : Auteurs

On remarque un jeu de volume en retrait et en saillait.

Si la volumétrie été orienté sud ce jeux aurai un sens, et un rôle de brise soleil vertical et horizontal (stratégie bioclimatique).



Figure 3:6 Traitements de la volumétrie

### 3.1.1.3.3 Analyse des façades

#### 3.1.1.3.3.1 Façade principale ouest

Façade traité avec des traitements harmonieux avec un rapport de plein et vide équilibré  $V=35\%$  et  $P=65\%$ ; mais elle est orientée ouest, risque de surchauffe et d'éblouissement.



Figure 3:7 Façade principale ouest

### 3.1.1.3.3.2 Façade postérieure est

Façade traité avec des traitements harmonieuses un rapport de plein et vide équilibré (V=30%, P=70%) mais elle est orientée est, risque de surchauffe et de problème d'éblouissement.

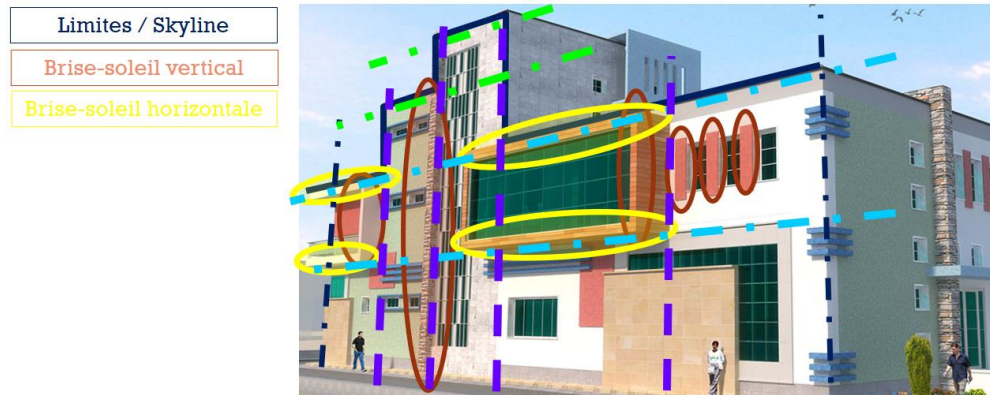


Figure 3:8 Façade postérieure est Source : Auteurs

### 3.1.1.3.3.3 Façade latéral nord

Façade négliger avec un rapport de plein et vide faible (V=15%, P=85%), l'inexploitation de la façade par des ouvertures, car le nord a l'avantage de l'absence d'effet

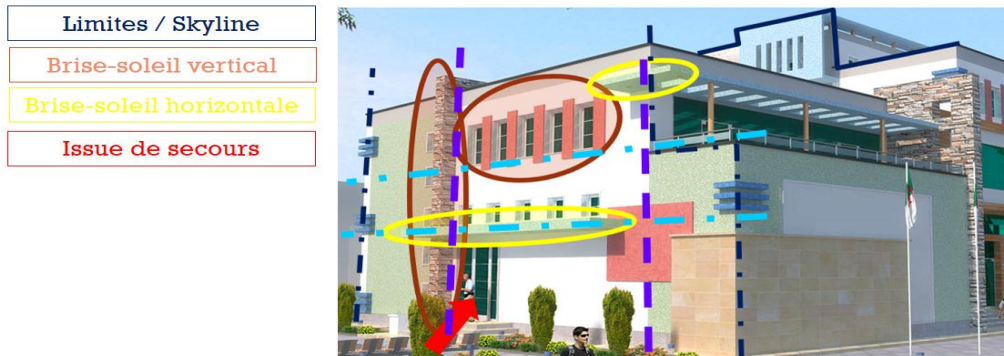


Figure 3:9 Façade latéral nord Source: Auteurs

d'éblouissement.

### 3.1.1.3.3.4 Façade latéral sud

Façade négliger avec un rapport de plain et vide faible ( $V=25\%$ ,  $P=75\%$ ), l'exploitation des calories gratuites du soleil, car la façade sud est la façade favorable.

- Limites / Skyline
- Brise-soleil vertical
- Brise-soleil horizontale



Figure 3:10 Façade latéral sud Source: Auteurs

### 3.1.1.3.4 Analyse des espaces

#### 3.1.1.3.4.1 Plan de R.D.C

On remarque l'utilisation de la juxtaposition et que chaque espace est délimité (fermé) ce qui contredit le principe des C.L.S.

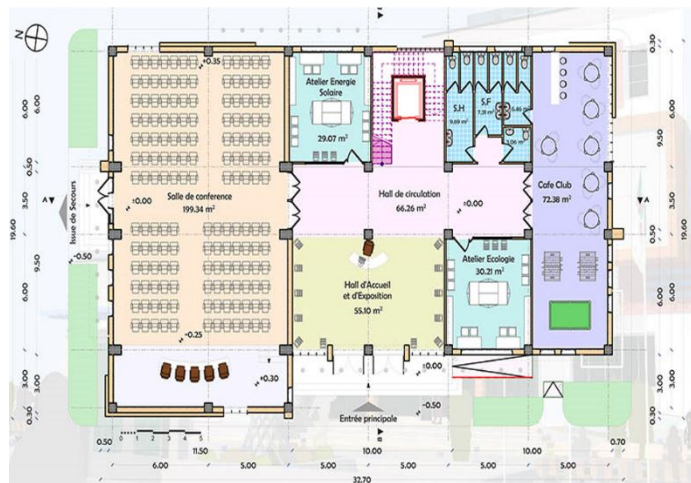


Figure 3:11 Plan RDS Source: DEP Boumerdas

La circulation est au centre a effet radial, et le vide sur hall assure l'articulation entre les différents étages elle pourrait être circulaire pour avoir plus fluidité.

#### 3.1.1.3.4.2 Plan de 1er étage

Même remarque avec le plan du RDC car le plan du premier étage superpose le RDC.

L'espace de circulation est grand ce qui favorise l'interaction et le contact entre les utilisateurs. La possibilité d'accueillir une exposition dans l'espace de circulation.

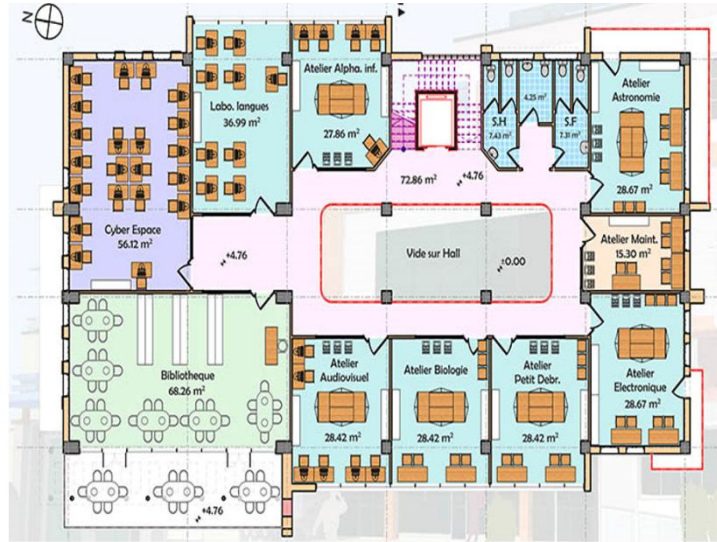


Figure 3:12 Plan 1er étage Source: DEP Boumerdas

### 3.1.1.3.4.3 Plan de 2eme étage

On remarque l'utilisation de l'interpénétration des espaces qui joue parfaitement son rôle fonctionnel. La circulation est au centre a effet radial, dotée d'une mezzanine.

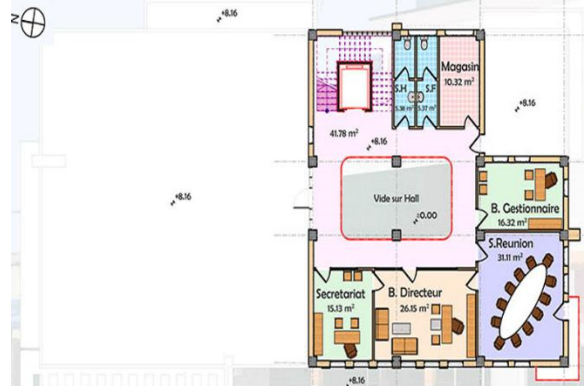


Figure 3:13 Plan du 2eme étage Source: DEP Boumerdas

### 3.1.1.4 Analyse technique

Le type de structure est ordinaire en béton armé système poteaux poutre

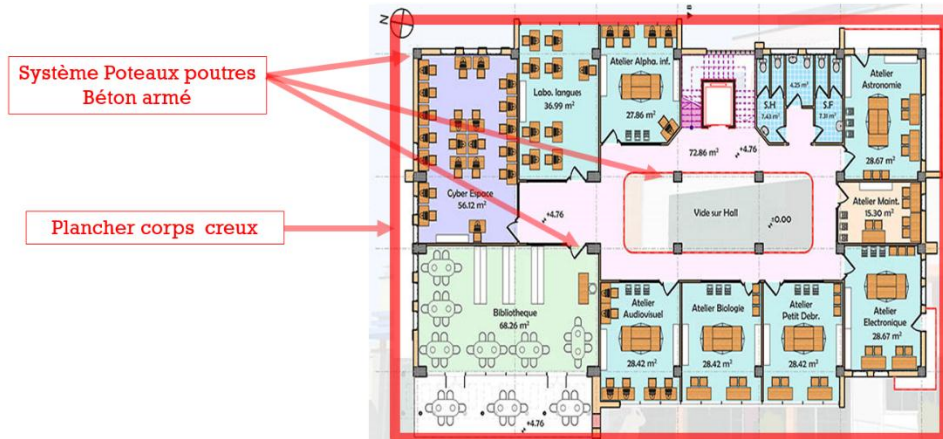


Figure 3:14 Démonstration de la structure Source: Auteurs

### 3.1.1.5 Synthèse

-Le CLS est un espace pluridisciplinaire doté d'un programme diversifié, car son objectif est d'assurer l'interaction entre les usagers.

-La diversité des ateliers et leurs proximités favorise la communication.

-La salle de conférence est un espace important dans le CLS car c'est l'espace de rencontres professionnelles.

-Manque de l'exposition et l'espace d'accueil des enfants des espaces importants

-La conception ne respecte pas la démarche environnementale.

### 3.1.2 Exemple international

Inspiria Science center

Situation : Graalum / Norway

Architect : AART architects

Fonction : loisirs scientifique



Figure 3:15 Vue Inspiria Science center

PRIX Gagné : Energy Globe Award 2016 / Iconic Award 2013 / Prime Property Award 2012 / Arnstein Arneberg Award 2012 / Østfold Award for Universal / Design 2012.

### 3.1.2.1 Analyse du cadre urbain

#### 3.1.2.1.1 Situation et Accessibilité

Le projet se situe à la proximité la ville Sarsborg (Norvège) 80 km de la capital Oslo est aussi accessible par la rue principal E9.



Figure 3:16 Plan de situation Source: AARTarchitect.com

### 3.1.2.1.2 Voisinage et gabarie

Accessibilité facile ; et des bus écologiques sont prévues durant toute la sortie pédagogique

Le type d'implantation est isolé ponctuel par rapport à la route car l'orientation et par apport la trajectoire du soleil.

### 3.1.2.2 Analyse

#### 3.1.2.2.1 Analyse



Figure 3:17 Analyse de plan de situation Source :Auteurs

architecturale  
de la fonction

L'analyse

de la fonctionnel a pour objectif de connaitre les déférentes espaces et leurs fonctions dans le CLS, et permet de déterminer les espaces servit et servant.

#### 3.1.2.2.1.1 Le programme quantitatif

D'après le programme on remarque que le planétarium, la salle des médias, et l'expositions sont les espace clef du CLS.

Tableau 3-2 Programme qualitatif Source : Auteurs

Espace	Nombre	Espace	Nombre
Sas d'entrée	1	Salle audiovisuel	1
Réception	1	Bureaux	4
Foyer	1	Réception d' admirations	1
Salon d'honneur	1	Chambre technique	3
Cafétéria	1	Auditorium	1
expositions	3	Planétarium	1
Salle de cours	2	salle de rencontre	3
Salle de media	3		

#### 3.1.2.2.1.2 Organigramme spatial

Les espace sont disposés par pôle en trois entité Environnement, Santé, Énergie, et chaque entité possède ses propres ateliers et doté d'un espace d'exposition.

Le Hall principale regroupe les trois pôles, et représente le point de convergence.

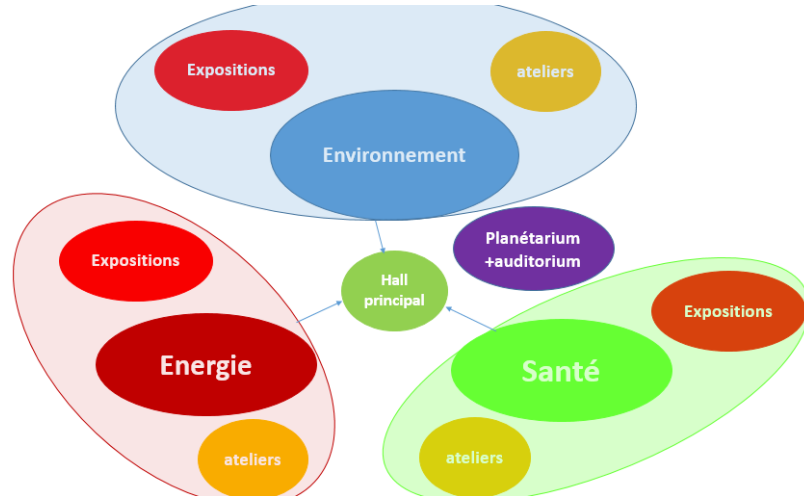


Figure 3:18 Organigramme spatial Source : Auteurs

### 3.1.2.3 Analyse de la forme

#### 3.1.2.3.1 Analyse de la volumétrie

La forme est constituée de 3 volume prismatique incliné vers le sol, donne une sensation que les volumes fait partie du sol, afin de tirer profit de l'inertie du sol

Le projet est adapté au paysage environnant, avec ces trois ailes qui symbolisent le cycle de la nature et reflètent la santé, l'énergie et l'environnement.

**La volumétrie est composé de 3 ailes**

**Environnement**

**Energie**

**Santé**

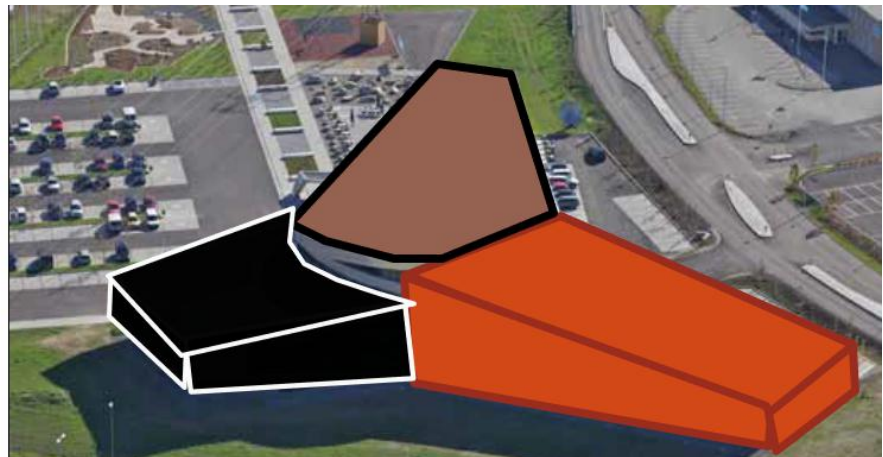


Figure 3:19 Schéma de la volumétrie Source : Auteurs

Ces 3 ailes sont liées par une forme cylindrique centrale, qui représente le coin de jonction et d'intersection des 3 ailes, environnement, et énergie, et santé, qui représente un lieu de convergence.

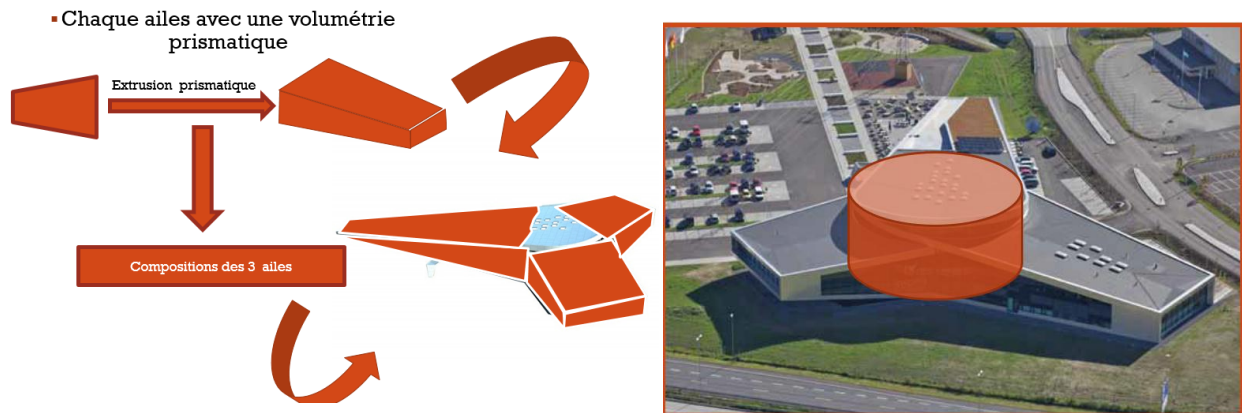


Figure 3:20 Schéma du développement de la volumétrie Source: Auteurs

### 3.1.2.3.2 Analyse des façades

#### 3.1.2.3.2.1 Façade principale

- Façade rideau totalement inondé par la lumière du jour.
- L'inclinaison pour bien assurer le contact avec le sol et l'adaptation avec le paysage.
- Un rapport de plein et vide équilibré par apport au extérieur pour donner le contact entre l'intérieur et l'extérieur.



Figure 3:21 La façade principale Source : Auteurs

#### 3.1.2.3.2.2 Façade postérieure

Le volume ouvert sur l'extérieur afin de tirer profit de l'éclairage naturel indirecte dans le nord, le cadrage pour connecté la partie inférieure pour avoir l'impression d'uniformité.

Une inclinaison ou bien déplacement dans le sens de la hauteur modifie le poids visuel d'un objet.



Figure 3:22 La façade secondaire Source: Auteurs

### 3.1.2.3.2.3 Traitement d'entrée

L'entrée est marquée par la convexité, l'utilisation de vitrage pour assurer la continuité.



Figure 3:23 Traitement de l'entrée Source : Auteurs

### 3.1.2.3.3 Analyse des espaces

#### 3.1.2.3.3.1 Diagramme des plans

Le projet est composé de 3 ailes chaque aile représente une entité (Santé. Environnement. Énergie) et ces trois ailes sont liés par un atrium central, qui représente le hall d'accueil.

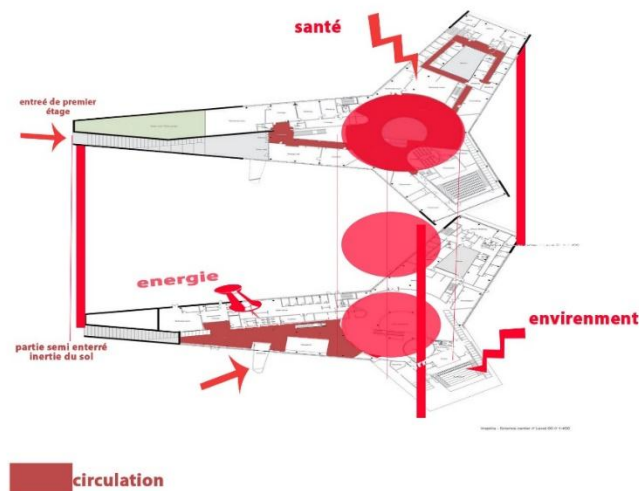


Figure 3:24 diagramme architectural du projet

#### 3.1.2.3.3.2 Analyse des plans

Distribution est radial et chaque aile avec organisation linéaire, et des espaces juxtaposés.

Le principe de distribution est le même dans les deux étages une distribution radial avec un espace central qui dessert les autres espaces et assure la circulation verticale.

Le plan ouvert Favorise l'interaction, la liberté de mouvement, la facilité des déplacements.

L'horizontalité structure l'extérieur et se trouve renforcée par la rareté des séparations intérieures.

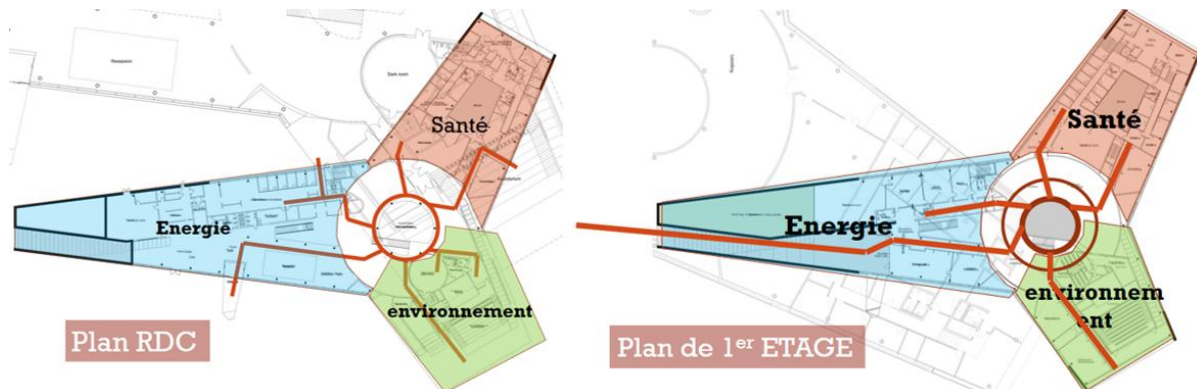


Figure 3:25 La distribution des plans Source : Auteurs

### 3.1.2.4 Analyse de la structure

La structure est de type mixte, Béton + charpente métallique ; et aussi tridimensionnel.



Figure 3:26 Types de structure Source : Auteurs

### 3.1.2.5 Les technique et solution bioclimatique

Pour les techniques bioclimatique le projet est bourré de prouesses techniques parmi eux :

L'éolienne et panneaux pour la production de l'énergie ; et panneaux solaire ;

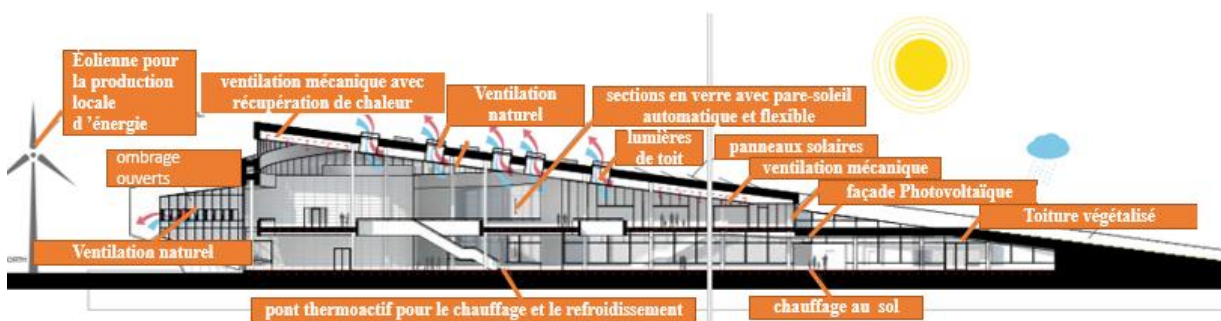


Figure 3:27 Solution Bioclimatique

ventilation naturelle ; et inertie du sol....

### 3.1.2.6 Synthèse

-Le plan ouvert est une solution pour le CLS car il favorise l'interaction entre les usagers, et permet la liberté de mouvement, la facilité des déplacements.

-Le CLS nécessite un espace de regroupement et de rencontre pour accroître le contact entre les usagers, comme le hall d'accueil.

-Afficher les techniques bioclimatiques en l'intégrant sa donne une valeur au projet (comme l'éolienne) et sa peut être une signature.

-Les techniques bioclimatiques intégrer ne gêne pas le fonctionnement ni l'aspect esthétique du projet.

## 4 PARTIE PROGRAMMATIQUE

La programmation permet de mieux comprendre les différents espaces du C.L.S, les classer par des espaces servant et des espaces servent, et permet aussi de connaître les exigences de chacun de ces derniers par leur qualité. Afin de déterminer leur forme, position, et leur dimension ; et établir la relation spatial et fonctionnel entre eux.

### 4.1 Objectif du CLS

L'objectif primaire du CLS c'est la démocratisation des sciences inaccessible auprès du grand public.

- La vulgarisation scientifique, rend les sciences étonnantes, et les technologies accessibles à tous, les démystifier, les rendre amusantes fun, familier.
- L'incitation aux recherches scientifiques.
- La sensibilisation de la société a la recherche scientifique
- Clarifié quelques concepts et phénomènes scientifiques abstrus.
- Le C.L.S offre des espaces qui contribues à la réduction du besoin de loisir dans la ville de Djelfa.
- Crée la diversité des projets scientifiques et l'interaction entre les différents domaines à travers les différents pôles d'activité, et les différentes tranches de la société (âges/profession).
- Les matières scientifiques représentent un moteur économique pour la région.
- Le C.L.S a des objectifs différents pour chaque catégorie :
- ❖ Préscolaire et primaire : Cette catégorie est connue d'être curieuse et le C.L.S offre des activités qui permettent aux jeunes enfants de vivre plusieurs expériences touchants différents domaines ; afin de les aidée à comprendre les différents phénomènes qui les entoures, dans un cadre éducatif.
- ❖ CEM et lycée : Le C.L.S offre à cette catégorie des programmes qui poussent leurs limites de savoir scientifique et poussent leur curiosité.
- ❖ Université : Le C.L.S aide à la sensibilisation aux sciences et aux technologies de cette catégorie en leur permettant de réaliser des grands projets.
- ❖ Professionnel : Un site, une plateforme de recrutement et/ou un potentiel d'investissement.

## 4.2 Programme quantitatif

### 4.2.1 Le programme quantitatif des exemples

Les espaces présent à travers l'analyse des deux exemples CLS Boumerdes et Inspiria science center.

Tableau 4-1 programme quantitatif as partir des exemples analysés

Espaces CLS de Boumerdes	Espaces Inspiria Science center
Hall d'accueil	Foyer
Salle de conférence	Salon d'honneur
Labo langue	Expositions
Bibliothèque	Planétarium
Administration	
Atelier maintenance	

### 4.2.2 Les espaces proposés

#### 4.2.2.1 Le fablab

Le fab lab est un laboratoire de fabrication qui permet de prototypé de nouvelles idées pour un objet ou un produit par la conception numérique et cet dernière guide la fabrication mécanique. Un laboratoire dit Fablab réuni plusieurs domaines, et permet de réutiliser les déchets électroniques non recyclable. On peut le définir comme un laboratoire électronique.

#### 4.2.2.2 Les laboratoires et atelier

Les ateliers de CLS Boumerdas sont considérés comme des laboratoires, labo physique (énergie), labo chimie, labo astronomie, labo biologie, et tous c'est labo ont une vocation écologique.

Les matières d'art, font partie des loisirs scientifiques, ce qui nous mène à réfléchir à concevoir des espaces dédié à cette filière, on opte pour un atelier de dessin, et un atelier d'art plastique.

Manque des espaces approprier aux clubs, où ils peuvent se réunir et planifier leur plans d'activités.

Vue l'éloignement de la société du domaine astronomique sa favorisation est notamment nécessaire, donc on envisage un observatoire pour cette entité.

### 4.2.2.3 Espace d'accueil enfant

Pour les enfants il faut prévoir des aires de jeux scientifique, pour la vulgarisation des mathématiques, physiques, Astronomie, chimie...etc.

### 4.2.3 Le programme quantitatif proposé

Le tableau ci-dessous représente les différents espaces du CLS, avec leurs surfaces et leurs nombres, et la surface totale.

*Tableau 4-2 Programme quantitatif du CLS Source : Auteurs*

<b>Espace</b>	<b>Surface m<sup>2</sup></b>	<b>Nombre</b>	<b>Surface total</b>
<b>Hall d'accueil</b>	<b>250</b>	<b>2</b>	<b>500</b>
<b>Administration</b>	<b>140</b>	<b>1</b>	<b>140</b>
<b>Foyer</b>	<b>30 a 50</b>	<b>4</b>	<b>160</b>
<b>Auditorium</b>	<b>600</b>	<b>1</b>	<b>600</b>
<b>Salon d'honneur</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>35</b>
<b>Bibliothèque</b>	<b>90</b>	<b>4</b>	<b>360</b>
<b>Salle de lecture</b>	<b>130</b>	<b>4</b>	<b>520</b>
<b>Salle d'expositions</b>	<b>400</b>	<b>2</b>	<b>800</b>
<b>Espace clubs</b>	<b>35</b>	<b>6</b>	<b>210</b>
<b>Aire de jeux enfants</b>	<b>140</b>	<b>1</b>	<b>140</b>
<b>Planétarium</b>	<b>320</b>	<b>1</b>	<b>320</b>
<b>Observatoire</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>20</b>
<b>atelier d'astronomie</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>Labo langue</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>Fablab</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>labo chimie</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>Labo biologie</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>Atelier dessin</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>Atelier art plastique</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>Salle de préparation</b>	<b>45 a 60</b>	<b>6</b>	<b>300</b>
<b>Salle de documentation</b>	<b>45</b>	<b>6</b>	<b>190</b>
<b><sup>2</sup>Locaux technique</b>			
			<b>4925</b>

#### 4.2.4 L'organigramme fonctionnel

L'organigramme permet d'établir la nature de relation entre les différents espaces, afin d'assurer le fonctionnement. Pour atteindre la fonction il faut que l'organigramme spatial superpose l'organigramme fonctionnel

L'organigramme est un outil indispensable dans la conception pour assurer le fonctionnement du CLS.

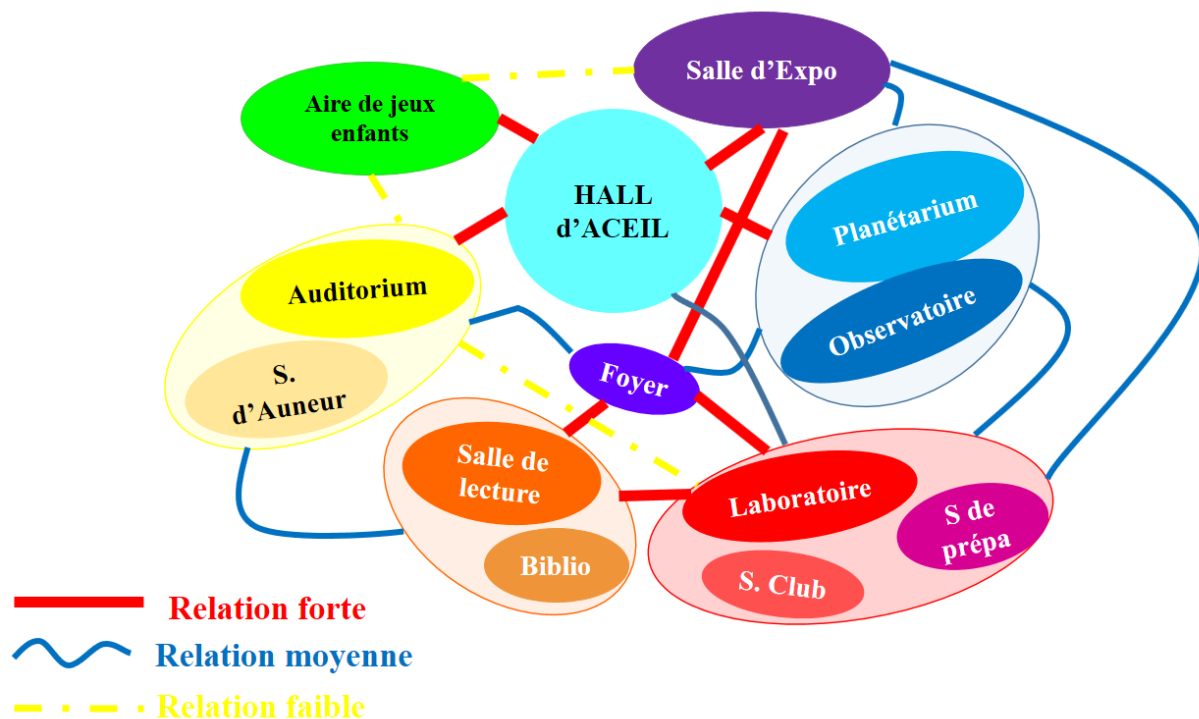


Figure 4:1 Organigramme fonctionnel Source: Auteurs

Les espaces qui sont en même globe, possèdent une très forte relation.

Les espaces qui ont une relation forte doivent être en proximité, représenté dans la figure 3 :1 par un trait continu de couleur rouge.

Les espaces qui ont une relation moyenne, il faut qu'ils soient facilement accessibles, représenté dans la figure 3 :1 par une courbe bleue.

Les espaces qui ont une faible relation, de préférence qu'ils soient éloignés, représenté dans la figure 3 :1 par un trait discontinu.

#### 4.2.5 Le programme qualitatif

Le programme qualitatif nous permet de mieux comprendre l'espace, et établir ses exigences à travers les recommandation et les normes

Connaitre le confort d'ambiance de chaque espace, en déterminant sa température, sa vitesse de l'aire confortable, et son éclairement ; aide à son affectation.

Tableau 4-3 la programmation des Laboratoires de langues Source : Auteurs

<b>Définition</b>	<b>Le labo de langue est une salle multimédia offrant des conditions de travail de qualité et un accès aux nouvelles technologies de l'information et de la communication.</b> <sup>58</sup>		
<b>Recommandation et exigences</b>	<p><u>Les composants</u> : Un mobilier robuste /Les ordinateurs / Un tableau blanc interactif /un poste informatique/ Maître relié à un vidéo projecteur /un espace de travail central</p> <p><u>Annexe</u> : SK =cabine d'expression orale. /AR= espace d'enregistrement<sup>59</sup></p> <p>La forme d'aménagement classique renvoie au système éducatif donc on propose un aménagement concentrique orienter vers le maitre qui favorise la communication</p>		
<b>Confort d'ambiance</b>	Température 20 à 22°C	Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s	Éclairement recommandé lux 250 à 500

Tableau 4-4 la programmation des laboratoires Source : Auteurs

<sup>58</sup> <http://www.roycan.com/fr/qu%27est-ce-laboratoire-langue.html>

<sup>59</sup> Les éléments de projet de construction. Ernest Neufert. 10 édition. 2009. page 236

Définition	Local pourvu des installations et des appareils nécessaires à des manipulations et des expériences effectuées dans le cadre de recherches scientifiques		
<p>Recommandation et exigences</p>	<p>Ce sont des salles de travaux pratiques de physique et de chimie dans lesquelles des paillasse supplémentaires sont prévues pour que les ordinateurs restent disponibles en permanence..<sup>60</sup></p> <p>-Les pièces devraient avoir un plafond haut pour assurer une ventilation correcte</p> <p>-Une bonne ventilation grâce à un système de ventilation actif.<sup>61</sup></p> <p>-Les portes doivent s'ouvrir sans l'aide des mains, pour porter les échantillons.</p> <p>La conduite de la classe doit être organisée pour favoriser l'apprentissage en équipe et les prises d'initiative. Les activités s'effectuent souvent en équipe (4 à 6 personnes) mais parfois aussi individuellement.<sup>62</sup></p> <p><b><u>Exemples d'aménagement</u></b></p> <p>Une surface d'environ 18 m<sup>2</sup> par îlot pouvant accueillir 4 à 6 élèves est recommandée pour les activités en technologie. L'espace global de l'îlot tient compte de la surface occupée par le mobilier, la place prise par les élèves et aussi l'aire de circulation. Il conviendra de prévoir cinq (6 personnes) à huit îlots en fonction des effectifs à accueillir et de la taille du laboratoire existant lorsqu'il s'agit d'une rénovation.<sup>63</sup> Pour favoriser le contact, et l'interaction, et assurer l'apprentissage.</p>		
<p>Confort d'ambiance</p>	<p>Température 20 à 22°C</p>	<p>Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s</p>	<p>Éclairage recommandé lux 250 à 500</p>

<sup>60</sup> Guide d'équipement et chimie dans les sections d'enseignement professionnel. Édition mai 1998.

<sup>61</sup> [https://extranet.who.int/lqsi/sites/default/files/attachedfiles/LOMS%20-2%20to%2024%20Laboratory%20design\\_1.pdf](https://extranet.who.int/lqsi/sites/default/files/attachedfiles/LOMS%20-2%20to%2024%20Laboratory%20design_1.pdf)

<sup>62</sup> Guide d'équipement pour les laboratoires de technologie au collège. MEN Mais 2013 Page 2

<sup>63</sup> Guide d'équipement et d'aménagement des laboratoires de technologie. Académie de Toulouse.ME 2012. Page 6

Tableau 4-5 la programmation Locaux techniques des labos Source: Auteure

Définition	Locale technique pour les labo		
Recommandation et exigences	<p><b>Salle de Collections de Physique et de Chimie</b>  <b>- Préparation - Entretien - Lavage –</b>            La salle de collection communique avec les salles d'enseignement par des portes qui permettent un passage aisé des chariots de matériel. Ce local a une superficie d'au moins 60 m<sup>2</sup> environ avec des circulations suffisantes pour le déplacement d'un chariot.<sup>64</sup></p> <p><b>Salle de Travail et de Documentation Scientifique</b>            C'est une salle prévue pour les vulgarisateurs, et les clubs.</p>		
Confort d'ambiance	Température 20 à 22°C	Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s	Éclairage recommandé lux 250 à 500

<sup>64</sup> Guide d'équipement et chimie dans les sections d'enseignement professionnel. Édition mai 1998.

Tableau 4-6 la programmation du planétarium Source : Auteurs

Définition	<b>Le terme planétarium désigne le dôme présentant une reproduction du ciel avec ses constellations et ses étoiles, et par métonymie le projecteur spécifique permettant de simuler le ciel sur un écran hémisphérique, de même que la salle où fonctionne ce projecteur, ou encore la structure organisée tout autour.</b> <sup>65</sup>		
Recommandation et exigences	70 pieds (21,3 mètres) de largeur, ou 3,100 pieds carrés (288 mètres carrés) dans la zone totale pour les écrans plats, ou 60 pieds (18,3 mètres) de diamètre pour les dômes, et Placez tous les sièges dans une largeur d'écran du plan de l'écran. <sup>66</sup>		
Confort d'ambiance	Température 20 à 22°C	Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s	Éclairage recommandé lux 0

<sup>65</sup> [www.observatoirecentreadenne.be](http://www.observatoirecentreadenne.be)<sup>66</sup> [www.observatoirecentreadenne.be](http://www.observatoirecentreadenne.be)

<p>Définition</p>	<p><b>Auditorium est un espace consacré aux rencontres professionnelles, qui vise à réunir les conditions optimales de communication. La table de conférence est le lieu de la rencontre et du savoir</b></p>		
<p>Recommandation et exigences</p>	<p>Écrans et tableaux de projection :                      Prévoir un écran de projection sous forme de segments ou fixé sur un mur frontal plan. Tableau mural à segments multiples, sent avec déplacement vertical.</p> <p>Acoustique :                      La puissance vocale doit parvenir de façon homogène aux auditeurs et sans écho perturbateur. Plafonds suspendus pour assurer la réflexion et l'absorption. Parois arrière revêtues de matériau absorbant, autres parois lisses</p>		
<p>Confort d'ambiance</p>	<p>Température 20 à 22°C</p>	<p>Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s</p>	<p>Éclairage recommandé lux 200 a 250</p>



Tableau 4-7 la programmation d'Auditorium Source : Auteurs

<p>Définition</p>	<p><b>Exposer, mettre en vue ; le résultat de présentation publique de produits, de tableaux, d'objets. Le lieu, l'emplacement où sont exposés des produits, des tableaux, des objets (géographie) situation d'une construction, d'un terrain (exposition ensoleillée)</b></p>		
<p>Recommandation et exigences</p>	<p>Expositions est de présenter, réunies, des pièces que le public ne pourrait voir, dans les musées l'exposition est fixe. Mais dans le CLS sa fonction est différente, elle présente un lieu de rencontre, on expose ce qui est fait dans les ateliers de CLS.</p> <p>La circulation dans l'expo doit être orienté afin que le visiteur peut voir toute la totalité de l'exposition.</p>		

Confort d'ambiance	Température 20 à 22°C	Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s	Éclairage recommandé lux 600
--------------------	--------------------------	---	------------------------------------

Tableau 4-8 la programmation de l'Espace d'exposition Source : Auteurs

Tableau 4-9 la programmation d'Observatoire astronomique Source : Auteurs

<b>Définition</b>	<b>Un observatoire astronomique est un lieu destiné à l'observation astronomique. Les laboratoires modernes sont largement dotés d'instruments scientifiques optique.</b>		
Recommandation et exigences	Ce qui fait toute la singularité de cet observatoire, c'est sa forme conceptuel et anguleuse qui contraste avec les classiques dômes que l'on a l'habitude de voir. L'observatoire d'Anmahian Winton a récemment remporté le AIA Small Project Award 2017. Le thème de cette année était la réflexion. <sup>67</sup>		
Confort d'ambiance	Température 20 à 22°C	Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s	Éclairage recommandé lux 600

<b>Définition</b>	<b>la bibliothèque est un espace aménagé dans une bibliothèque ou un service d'archives, destiné à permettre au public de consulter les documents</b>
-------------------	---

<sup>67</sup> <http://www.archibat.com/blog/observatoire-astronomique-gagne-aia-small-project-award-2017/>

<p>Recommandation et exigences</p>	<p>Le lien entre l'aménagement des espaces intérieurs et choix du mobilier apparaît comme essentiel. Les deux sont intimement imbriqués en bibliothèque.</p> <p>Le rayonnage doit avoir des chaises afin que le lecteur puisse lire les livres avons de choisir.</p> <p>Il faut prévoir des plans de lecture collectifs et individuel.</p> <p>L'espace dédié à la lecture doit être sans rayonnage afin d'assurer le calme.</p>		
<p>Confort d'ambiance</p>	<p>Température 20 à 22°C</p>	<p>Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s</p>	<p>Éclairage recommandé lux 600</p>

Tableau 4-10 la programmation du Bibliothèque Source : Auteurs

<p>Définition</p>	<p><b>Le fab lab est un laboratoire de fabrication qui permet de prototypé de nouvelles idées pour un objet ou un produit par la conception numérique et cet dernière guide la fabrication mécanique. Un laboratoire dit Fablab réuni plusieurs domaines, et permet de réutiliser les déchets électroniques non recyclable. On peut le définir comme un laboratoire électronique.</b></p>		
<p>Recommandation et exigences</p>	<p>L'enseignement des sciences expérimentales doit se dérouler dans un espace suffisamment grand et capable d'accueillir un groupe d'au moins 30 élèves. La pédagogie adaptée pour la mise en application du programme suppose une approche différenciée et la plupart du temps des activités pratiques.</p> <p>Pour cela, il faut envisager des salles de sciences d'environ 100 m<sup>2</sup>, permettant un travail en îlots et équipées de plusieurs points d'eau.<sup>68</sup></p> <p>Les équipements du fablab sont de type : Équipements informatiques ; Matériel de mesure et de façonnage ; Équipements de travaux pratiques (comme les imprimante 3D)</p> <p>Une surface d'environ 18 m<sup>2</sup> par îlot pouvant accueillir 4 à 6 personnes est recommandée pour les activités en technologie.</p> <p><b>Exemple d'aménagement</b></p>		

<sup>68</sup> Guide d'équipement des collèges pour les disciplines scientifiques Académie de Bordeaux page 07

<b>Confort d'ambiance</b>	<b>Température 20 à 22°C</b>	<b>Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s</b>	<b>Éclairage recommandé lux 600</b>

*Tableau 4-11 la programmation du Fablab Source : Auteurs*

## 5 PARTIE CONTEXTUELLE

Avant la conception de notre projet il faut une connaissance profonde de Djelfa sur le plan culturel et climatique, pour que le CLS s'intègre parfaitement à son contexte. Afin de choisir un site adéquat a les exigences du CLS.

### 5.1 Contexte de la ville

#### 5.1.1 Situation de Djelfa

La wilaya de Djelfa est située dans la partie centrale de l'Algérie du nord au-delà des piémonts Sud de l'Atlas tellien en venant du Nord dont le chef-lieu de wilaya est à 300 Kilomètres au Sud de la capitale. Elle est comprise entre 2 et 5 de longitude Est est entre 33 et 35 de latitude Nord et se ramasse entre les plus importants reliefs du pays, les hauts plateaux, l'Atlas saharien et le Sahara, de ce fait elle se fonde dans sa propre vocation steppique liée à l'agro-pastoralisme. Elle est limitée :



Figure 5:1 Situation de la ville Source: djelfainfo.com

La wilaya à la faveur du découpage administratif de 1974, cette partie du territoire d'une superficie totale de 32356.35 km représentant 1.36 de la superficie totale du pays se compose actuellement de 36 communes regroupées en 12 Daïras.

La commune de Djelfa est située sur l'axe de la route nationale N1 (nord-sud) et sur l'axe de la route nationale N46 (est-ouest).

### 5.1.2 Aperçu historique

Le développement de la ville depuis la période précoloniale jusqu'à la période postcoloniale, est schématisé dans la figure 4 :2.

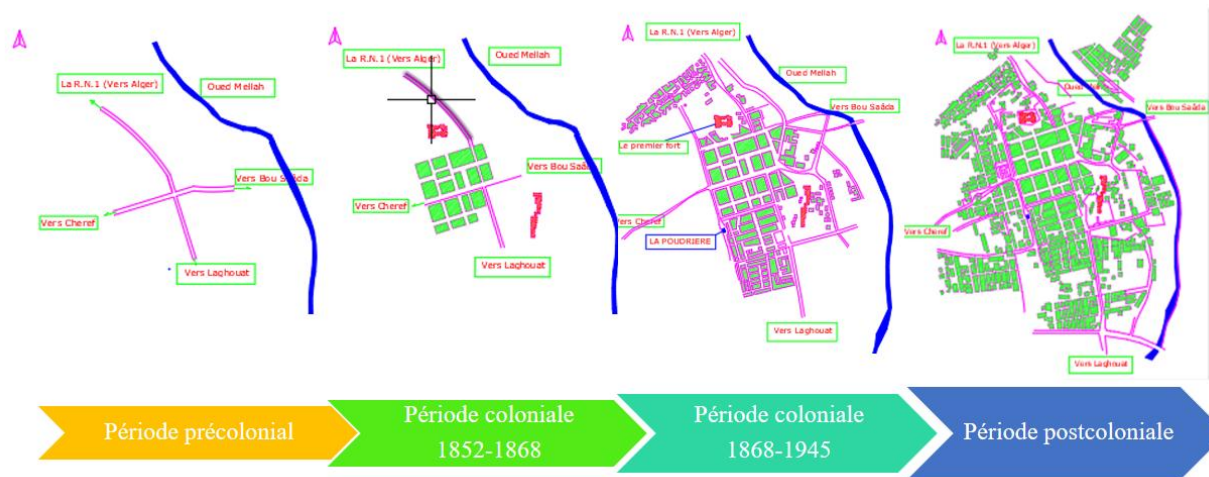


Figure 5:2 Développement de la ville de Djelfa Source: PDAU Djelfa

-La période précoloniale est caractérisée par le passage des tribus d'Ouled Nail utilisant la région comme un point de transit, sous forme de marché.

-La période coloniale entre 1852-1868 est caractérisée par une configuration spatiale rectangulaire orienté Nord-Sud et découpé par 3 rues transversale qui découpent le quartier en 16 îlots. À partir de 1860 l'agglomération de Djelfa devient un centre de population de 55 maisons dans un terrain de 13H avec de nouvelles constructions administratives et religieuses.

-La période coloniale entre 1868-1945 est caractérisée par la réalisation de plusieurs maisons pour les colonisateurs et pour les commerçants. Dans cette période la ville connaît un essor semblable dans son organisation à la ville romaine et le plan en DAMIER. En outre, la ville était reliée par une voie ferrée en 1924.

-La période postcoloniale est caractérisée par la démolition de l'enceinte entourant la ville et progression du tissu urbain dans tous les sens (apparition des lignes de croissance). Apparition de petites unités industrielles 1974.

### 5.1.3 Le climat de Djelfa

À Djelfa, les étés sont court, très chaud et dégagé dans l'ensemble ; les hivers sont long, très froid, venteux et partiellement nuageux ; et le climat est sec tout au long de l'année. Au cours de l'année, la température varie généralement de 0 °C à 35 °C et est rarement inférieure à -3 °C ou supérieure à 38 °C.

#### 5.1.3.1 La température

La saison très chaude dure 2,9 mois, du 12 juin au 9 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 30 °C. Le jour le plus chaud de l'année est le 19 juillet, avec une température moyenne maximale de 35 °C et minimale de 21 °C.

La saison fraîche dure 3,8 mois, du 15 novembre au 10 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 15 °C. Le jour le plus froid de l'année est le 11 janvier, avec une température moyenne minimale de 0 °C et maximale de 11 °C

La figure (ci-dessous) La température moyenne quotidienne maximale (ligne rouge) et minimale (ligne bleue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes.

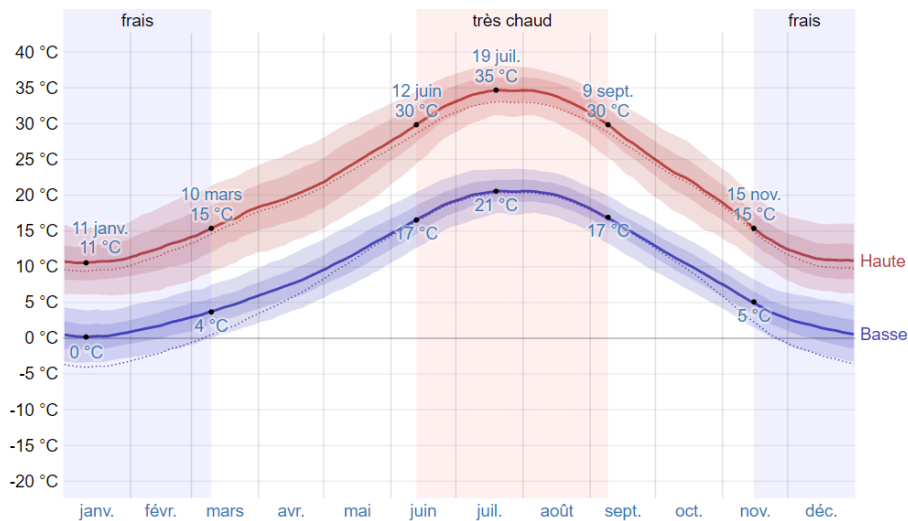


Figure 5:2 Température moyenne maximale et minimale Source: <https://fr.weatherspark.com>

Le climat de la Wilaya de Djelfa est nettement semi-aride à aride avec une nuance continentale.

Des écarts importants sont observés d'après les figures (ci-dessous) que la température extérieure : Max : 39 Min : -5°C

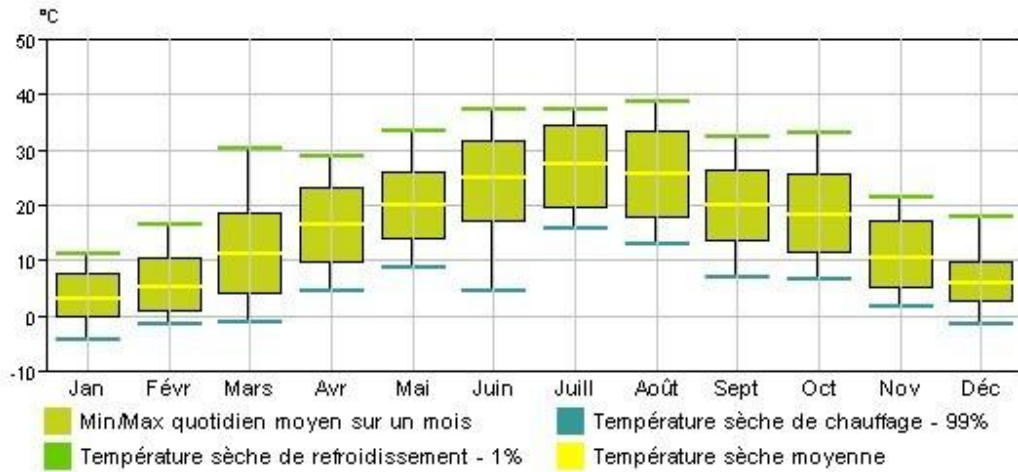


Figure 5:4 Histogramme (zone et valeurs) de température de Djelfa Source : Autodesk Insight

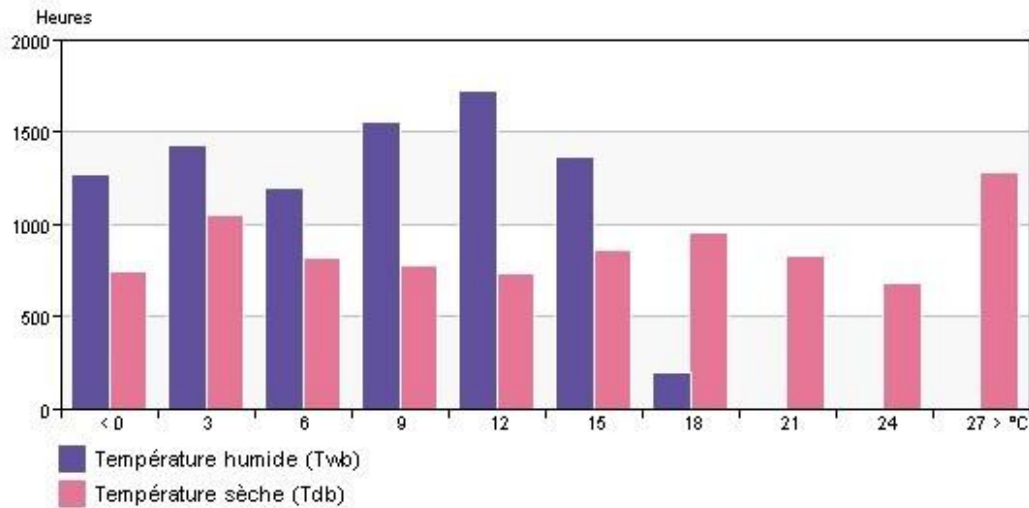


Figure 5:5 Histogramme de température de Djelfa Source: Autodesk Insight

### 5.1.3.2 La pluviométrie

Pour montrer la variation au cours des mois et pas seulement les totaux mensuels, nous montrons l'accumulation de pluie au cours d'une période glissante de 31 jours centrée sur chaque jour de l'année. Djelfa connaît des variations saisonnières modérées en ce qui concerne les précipitations de pluie mensuelles.

La période pluvieuse de l'année dure 9,8 mois, du 18 août au 12 juin, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres sur une période glissante de 31 jours. La plus grande accumulation de pluie a lieu au cours des 31 jours centrés aux alentours du 27 avril, avec une accumulation totale moyenne de 28 millimètres.

La période sèche de l'année dure 2,2 mois, du 12 juin au 18 août. La plus petite accumulation de pluie a lieu aux alentours du 23 juillet, avec une accumulation totale moyenne de 5 millimètres.

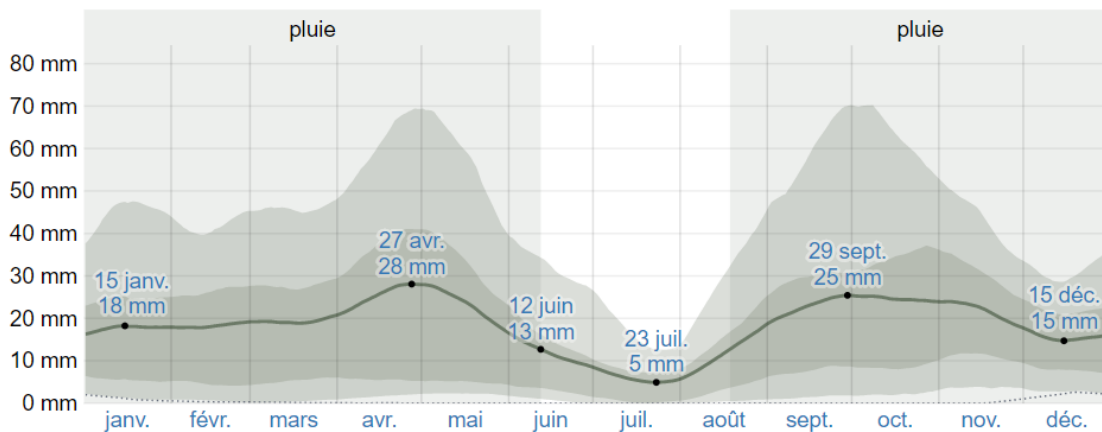


Figure 5:3 Pluviométrie mensuelle moyenne Source: <https://fr.weatherspark.com>

### 5.1.3.3 Les vents

D'après la rose des vents dans la figure 4 :3 en constate que les vents sont caractérisés par leur intensité et leur fréquence. Cependant, la principale caractéristique des vents dominants dans la région est matérialisée par la fréquence du sirocco, d'origine désertique, chaud et sec, dont la durée peut varier de 20 à 30 jours par an.

### 5.1.3.4 L'humidité

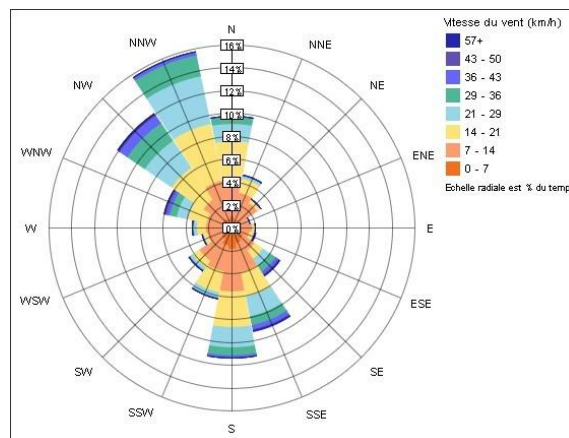


Figure 5:3 La rose des vents de Djelfa Source Autodesk Insight

Selon le site d'internet Autodesk insight site spécialisé au simulation énergétique et thermique, éclairage pour des projet durable le taux d'humidité dans la ville de Djelfa et plus aride

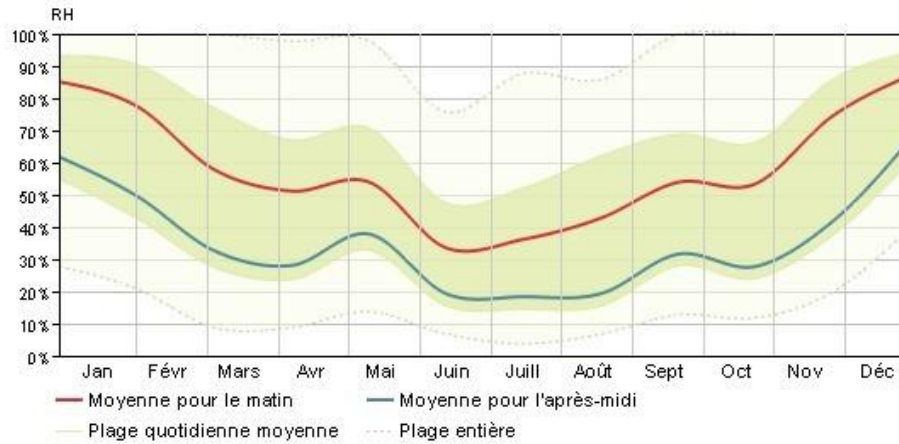


Figure 5:4 Courbe (aire) d'humidité de Djelfa  
Source Autodesk Insight

qu'humide.

### 5.1.3.5 Gelée blanche et neige

La quantité de neige sur une période glissante de 31 jours à Djelfa ne varie pas considérablement au cours de l'année, restant à 1 millimètre de 1 millimètre tout au long de l'année.

La période des gelés blanches observées est de (40) à (60) jours selon les zones.

Les enneigements signalés sont saisonniers. L'enneigement moyen est de 04 à 13 jours

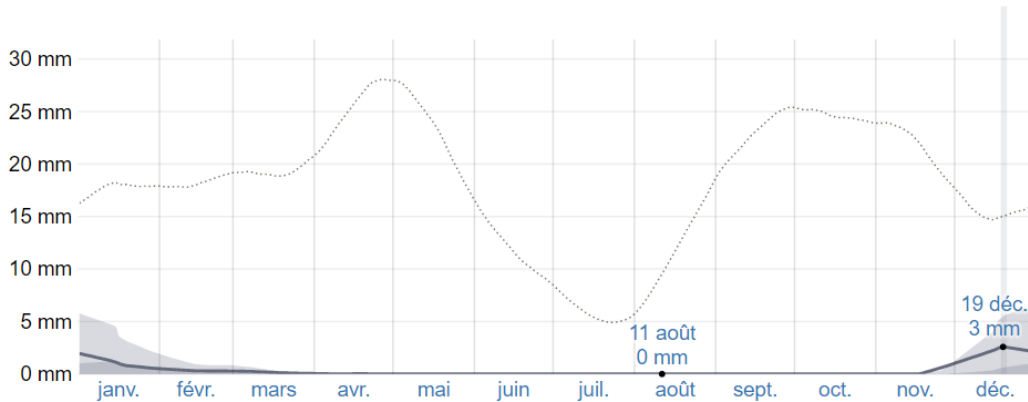


Figure 5:5 Chute de neige mensuelle moyenne mesurée en eau Source : <https://fr.weatherspark.com>

par an.

### 5.1.3.6 La nébulosité

À Djelfa, le pourcentage de nébulosité connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année.

La période la plus dégagée de l'année à Djelfa commence aux alentours du 13 juin et dure 2,8 mois, se terminant aux alentours du 6 septembre. Le 30 juillet, le jour le plus dégagé de l'année, le ciel est dégagé, dégagé dans l'ensemble ou partiellement nuageux 93 % du temps, et couvert ou nuageux dans l'ensemble 7 % du temps.

La période plus nuageuse de l'année commence aux alentours du 6 septembre et dure 9,2 mois, se terminant aux alentours du 13 juin. Le 14 décembre, le jour le plus nuageux de l'année, le ciel est couvert ou nuageux dans l'ensemble 43 % du temps, et dégagé, dégagé dans l'ensemble ou partiellement nuageux 57 % du temps.

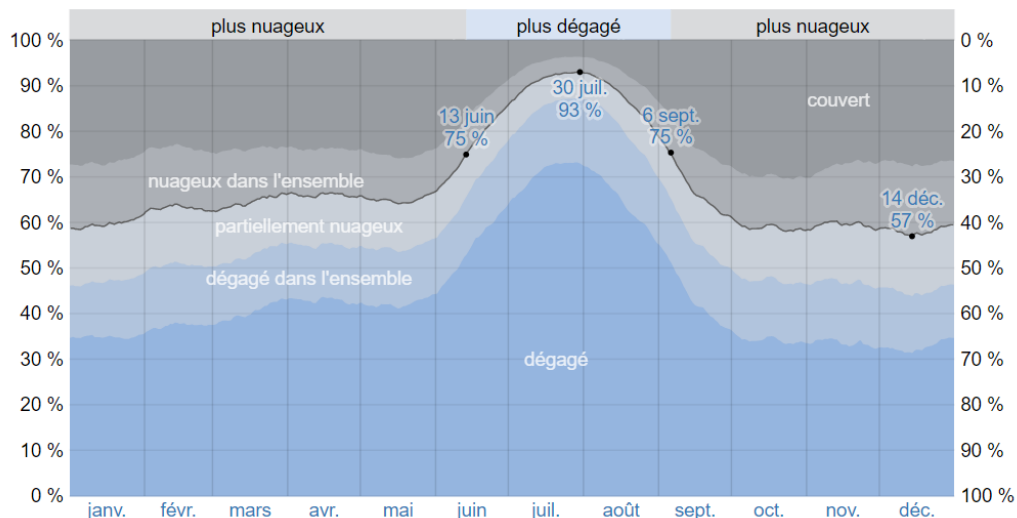


Figure 5:6 Catégories de couverture nuageuse Source: <https://fr.weatherspark.com>

Dégagé < 20 % < dégagé dans l'ensemble < 40 % < partiellement nuageux < 60 % < nuageux dans l'ensemble < 80 % < couvert.

### 5.1.3.7 Ensoleillement

La longueur du jour à Djelfa varie considérablement au cours de l'année. Comme le montre la figure ci-dessous, le jour le plus court est le 21 décembre, avec 9 heures et 50 minutes

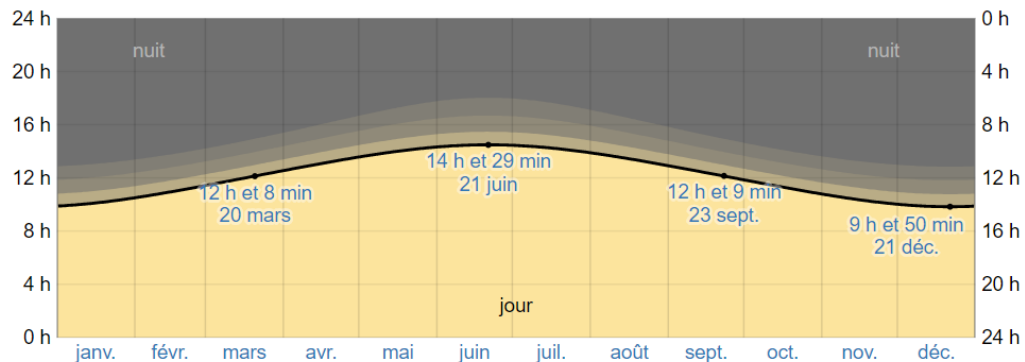


Figure 5:7 Heures de clarté et crépuscule Source: <https://fr.weatherspark.com>

minutes de jour ; le jour le plus long est le 21 juin, avec 14 heures et 29 minutes de jour.

D'après l'observation de la figure (ci-dessous) Le lever de soleil le plus tôt a lieu à 05:33 le 13 juin et le lever de soleil le plus tardif a lieu 2 heures et 21 minutes plus tard à 07:54 le 7 janvier. Le coucher de soleil le plus tôt a lieu à 17:35 le 5 décembre et le coucher de soleil le plus tardif a lieu 2 heures et 28 minutes plus tard à 20:04 le 29 juin.

### 5.1.3.8 Synthèse

Le diagramme de Givoni est un diagramme bioclimatique psychométrique, on le

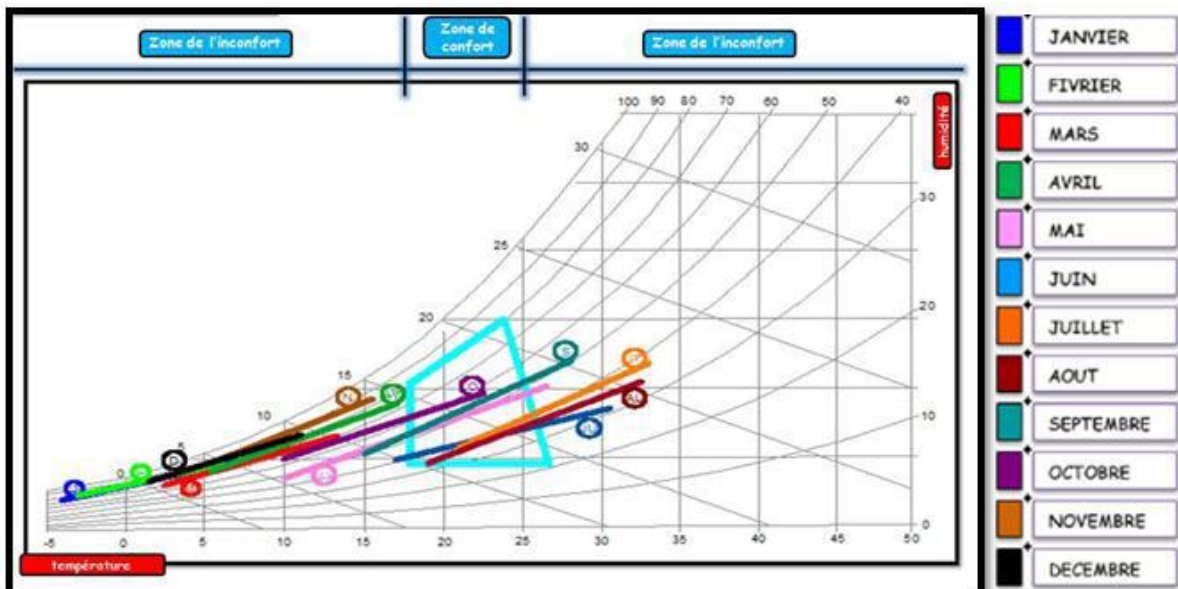


Figure 5:9 Diagramme de Givoni sur la ville de Djelfa Source : Auteurs

considère comme un aide à la conception

-La plage de confort englobe que 4/12 mois. Donc il faut prévoir des systèmes de régulation et.

-Afin d'atteindre le confort à Djelfa il faut un système de chauffage performant car la zone d'inconfort en période hivernale est importante 9,5/12 mois sont au-dessous du confort. On propose l'utilisation de puit canadien, ainsi que profité de l'inertie du sol.

-Une ventilation naturel associée à une forte inertie suffit pour atteindre le confort en été. Car la température dans cette période n'est pas caniculaire.

#### **5.1.4 Analyse du site**

Pour que le CLS assurer son rôle, nous devons choisir un site adéquat a son fonctionnement, donc il faut bien déterminer les critères de choix de site, c'est une phase cruciale basée sur le rayon d'influence du CLS.

##### **5.1.4.1 Le choix de site**

###### **5.1.4.1.1 Les critères de choix de site**

Le site possède une accessibilité facile, et une superficie suffisante.

Le site est dans un nœud fort, et possède un voisinage de forte densité ; pour que accroitre son rayon d'influence.

Le CLS est destiné à tous les catégories d'âge, et la position du site est à proximité des habitations (car le CLS accueil les jeunes et les enfants).

Le site possède des équipements culturel et éducatif à sa proximité pour favoriser l'échange et l'interaction, et pour couronner tous sa le site est en proximité avec l'université.

###### **5.1.4.1.2 Fiche technique**

Le site dans le (pos 9 5juillet) remplit tous les critères de CLS.

Le site se situe à 4km du centre-ville ; et à la proximité du siège de la wilaya 400m, et de 500m de l'université, considérées comme des repères.



Figure 5:10 Situation du site par rapport la wilaya et l'université Source : Auteurs

#### 5.1.4.2 Dimensionnement du site

Le site est d'une forme rectangulaire d'une surface de 32604 m<sup>2</sup> ; avec une longueur de 209m et largeur de 156m.

-Remarque : le terrain est relativement plat.



Figure 5:11 Dimensionnement du site source :Auteurs

### 5.1.4.3 L'accessibilité du site

L'intersection des deux axes « Centre ville – L'université » et « Cité El bassatine – El wiam » mis en valeur le nœud en proximité avec le site.

L'emplacement stratégique du site laisse l'accessibilité facile.

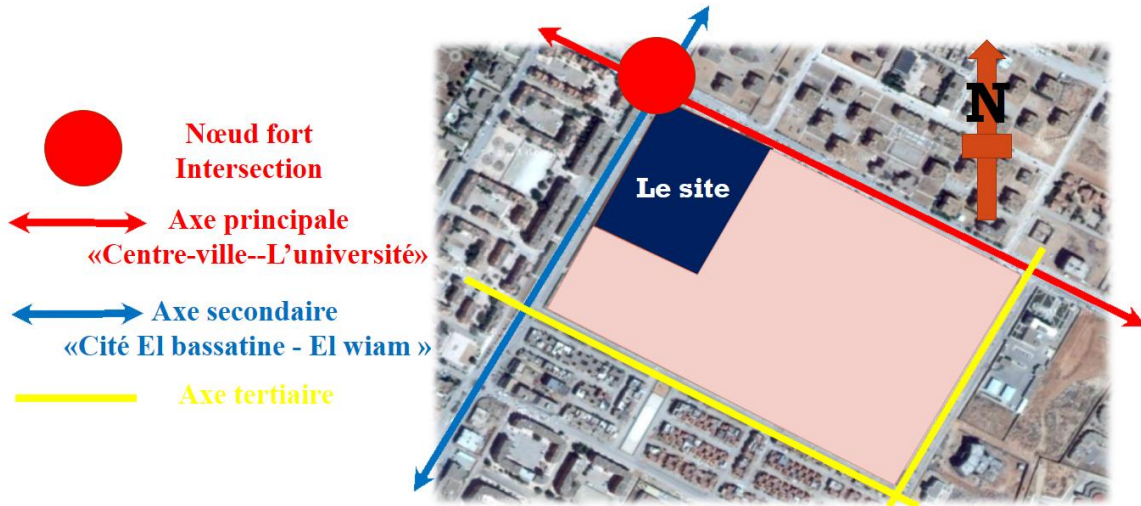


Figure 5:12 L'accessibilité du site Source : Auteurs

### 5.1.4.4 Voisinage et gabarie

L'entourage du site est de type habitation (une forte densité) ce qui représente un grand potentiel des usagés.

Les gabarits qui entourent le site ne dépasse pas R+4.

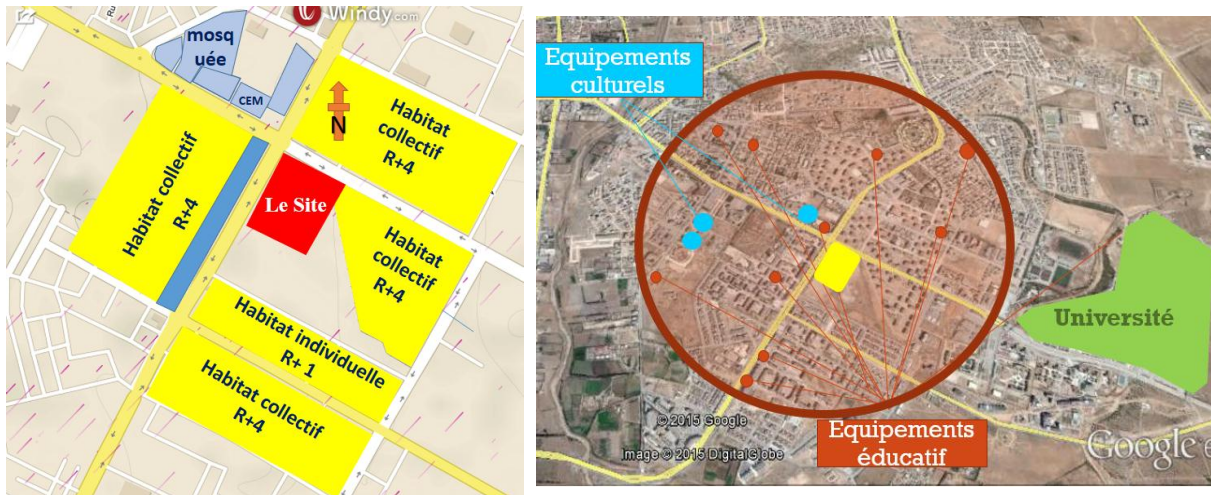


Figure 5:13 Type de voisinage et Gabarit Source : Auteurs

Le site est en proximité avec les équipements culturels, et éducatifs, et aussi avec l'université ; ce qui favorise l'interaction et le contact avec le CLS.

Le voisinage du site est caractérisé par des façades élévation son identité forte qui reflètent la fonction du plan, sans identité forte. Ce qui laisse une liberté conceptuelle. Comme le montre la figure (4-13).

### 5.1.4.5 L'ensoleillement et vents

La figure 4 :13 montre le diagramme solaire durant toute l'année, et les vents fort de l'hiver sont présentés par des flèches bleus avec une direction nord-ouest, et les vents chauds de l'été sont présentés par des flèches oranges leurs provenance est du côté sud.



Figure 5:14 Photos des façades en proximité du site Source : Auteurs

#### 5.1.4.6 Synthèse

Le nœud fort à l'intersection facilite l'accessibilité et valorise le projet (CLS).

La proximité du site avec les équipements culturelles et éducatifs, ainsi que l'université ; favorisent l'interaction et le contact, l'échange avec le CLS.

La superficie suffisante, permet d'opter pour la stratégie passive de l'inertie du sol, connue par son efficacité dans les climats à caractère froid.

Le voisinage du site est sans caractère fort (caractère architectural) et influant, permet une grande liberté conceptuelle.

Le gabarit du voisinage représente un faible rapport avec la longueur et la largeur du site ce qui permet de tirer profit des apports solaire

## 6 PARTIE CONCEPTUELLE

### 6.1 Genèse de projet

Le centre de loisirs a pour but la vulgarisation scientifique, le C.L.S a un rôle de rendre les sciences étonnantes, et les technologies accessibles à tous, les démystifier, les rendre amusantes fun, familier.

Alors un projet bioclimatique dans un nœud major dans la ville de Djelfa exemplifié les autres projets pour une ville de demain durable.

#### 6.1.1 L'idée du projet

CLS a comme rôle de rendre les sciences et les technologies **étonnante** accessible à tous, et le ruban de möbius, est une forme **étonnante** scientifiquement, donc la forme de ce ruban définie parfaitement le loisir scientifique.

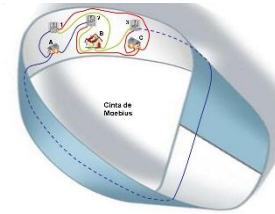


Figure 6:1 Ruban de möbius

Source : <https://eltrasterodepalacio.wordpress.com>

Un ruban de Möbius est une surface fermée d'un ruban à une seule face obtenu en collant les extrémités d'une bande de papier après les avoir retournées (figure4 :15). Cette surface a été découverte simultanément et indépendamment par deux mathématiciens allemands August Ferdinand Möbius et Johann Benedikt Listing.

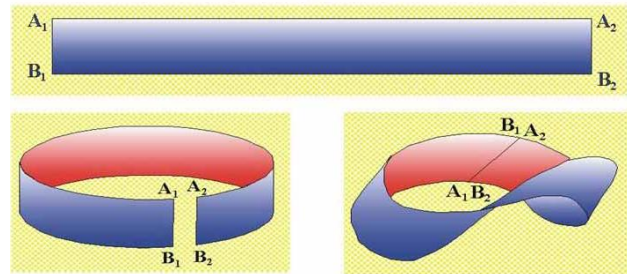


Figure 6:2 schéma démontrant le principe du ruban de möbius

Source : <https://eltrasterodepalacio.wordpress.com>

Ce qui rend le ruban de möbius étonnant c'est qu'il est contre intuitif



Figure 6:3 les caractéristique du ruban de möbius Source : auteur

1. Le ruban de Möbius n'a qu'une seule face infinie
2. Le ruban de Möbius n'a qu'un seul bord

3. Si on découpe un ruban de Möbius le long de sa ligne médiane, par intuition on pense qu'on obtient deux ruban, mais en réalité on obtient non pas deux morceaux mais un seul qui forme quatre demi-tour.

4. Pour obtenir deux morceaux, il faut couper une deuxième fois le ruban le long de sa ligne médiane.

En architecture, on ne cherche pas les mathématiques mais l'objectif est rendre le ruban prismatique, l'exception c'est en volume on obtient deux ruban. La figure (4 :17) représente le ruban prismatique composé de deux ruban möbius un ruban vert et l'autre violet.

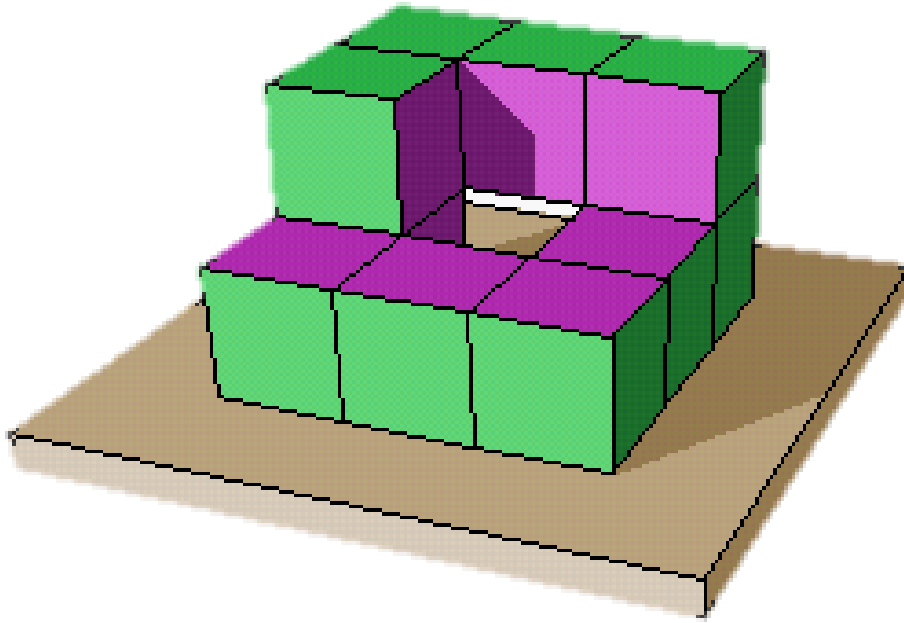


Figure 6:4 ruban de möbius en 3D (prismatique) Source : Auteurs

L'espace clef du C.L.S c'est le planétarium, alors nous avons décidé de l'afficher fièrement par une forme qui reflète sa fonction, géode (coupole).

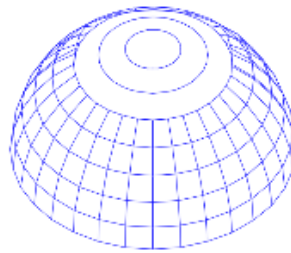


Figure 6:5 Coupole Source : auteur

Pour la stratégie bioclimatique nous avons optés pour le procédé de l'inertie du sol, qui a des capacités d'isolation thermique déjà utilisées dans l'architecture vernaculaire, comme l'architecture troglodytique, l'inclusion du projet dans le sol, nous permet de se protéger des vents et du froid l'hiver, connues dans la région de Djelfa ; l'inertie du sol nous sert comme un régulateur thermique été comme hiver (voir la figure ci-dessous).

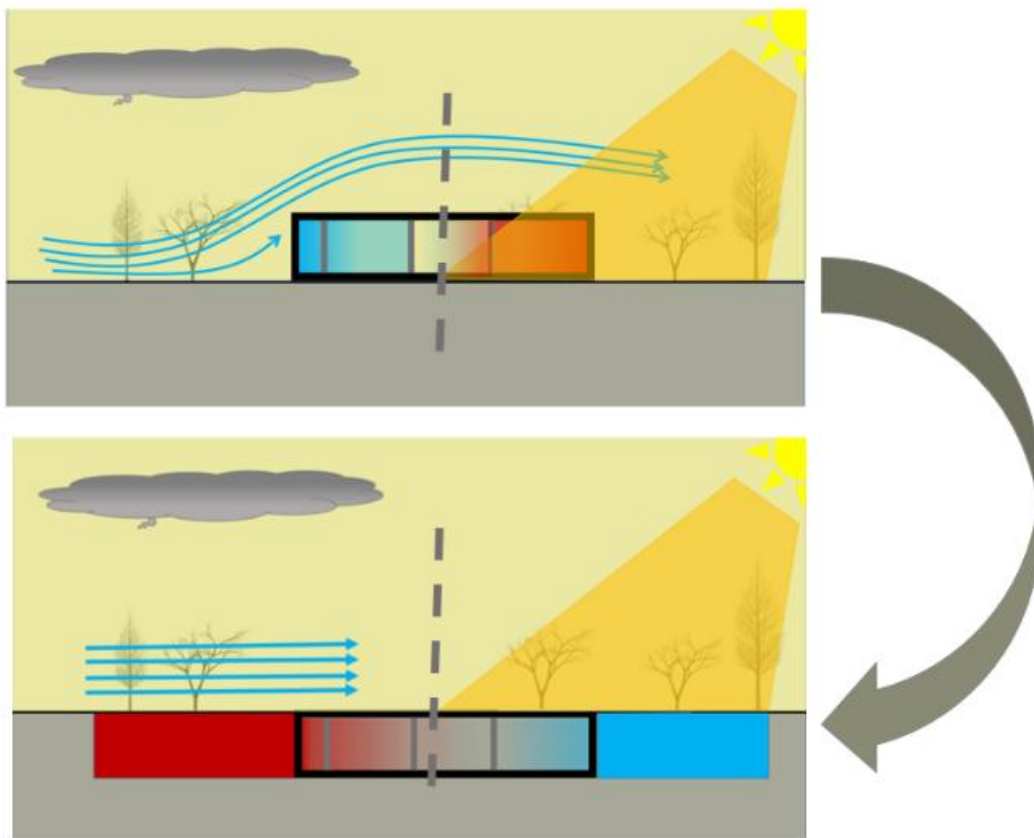


Figure 6:6 Schéma de l'inertie du sol pour un projet enterrer Source : auteurs

Afin de tirer parti de l'inertie thermique du sol, nous avons décidés d'enterrer une grande partie du projet. Le sol est capable d'absorber une partie du rayonnement incident et de réfléchir le reste ; le rayonnement absorbé participant au réchauffement du sol<sup>69</sup>.

## 6.2 Développement de la forme

Les deux volumes visibles, le ruban et la géode joue le rôle d'incitation et d'attraction des éléments d'appel pour motiver les visiteurs à approcher le projet

### 6.2.1 Le ruban

<sup>69</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, 2005 Page 78a.

Le volume prismatique se constitue de deux rubans, rouge et vert, avec une base plus longue pour assurer la stabilité et donné l'impression que le volume est statique. Et la partie supérieure qui flotte dans l'air, donnant une sensation atmosphérique, une grande masse de lange portée qui est contre intuitive, pour que le volume soit étonnant. Car ce qui fascine dans l'architecture contemporaine c'est la prouesse technique non l'ornement

On voit se si dans les projets de Rudy Ricciotti, d'ailleurs il dit dans une conférence à ENSAG « Il faut être minimaliste..., il faut réduire la façade en deux mots ».

La forme du ruban est équilibrée, et doit cette équilibre à sa symétrie qui n'est pas facilement perceptible, elle apparaît que par une vue globale du volume.

### 6.2.2 La coupole

La géode englobe le planétarium, avec une rampe apparente qui entoure le planétarium, rappelant les anneaux qui entourent les planètes (voir les figures ci-dessous).

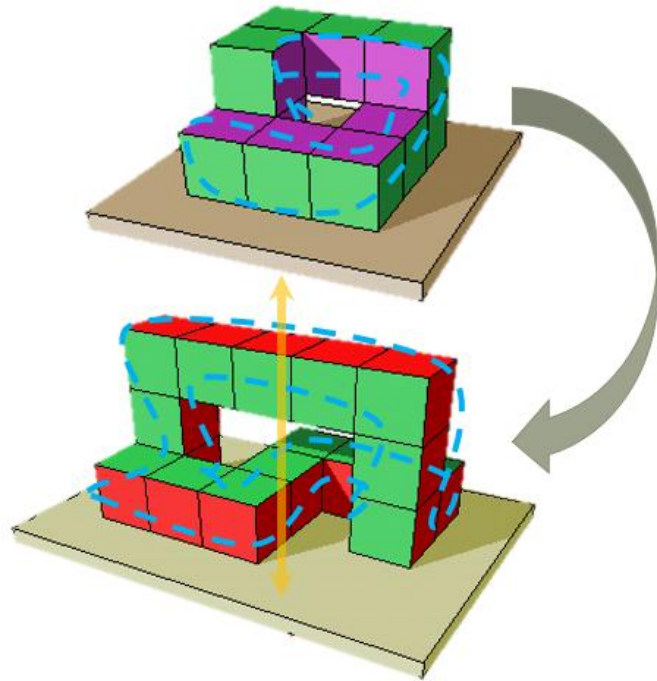


Figure 6:7 schéma de développement du ruban Source: Auteurs

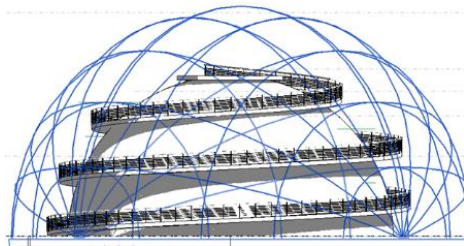


Figure 6:9 schéma de la coupole Source: Auteurs



Figure 6:8 photos de saturne Source : <http://mieux-se-se-connaître.com>

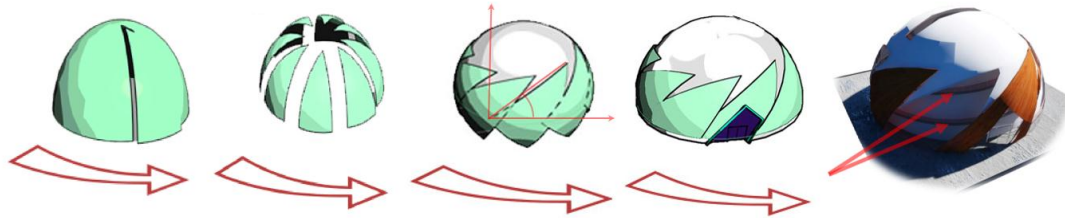


Figure 6:10 schéma du développement de la coupole Source : Auteurs

La coupole est devisée en huit pièces identiques, puis inclinées par un angle de 40°,

La moitié des pièces sont vitrées est alterné avec les pièces opaque, pour garder l'aspect de la rampe dans la façade.

### 6.2.3 Le dimensionnement

"Les choses qui sont dotées de proportions correctes réjouissent les sens". Saint Thomas d'Aquin (1225-1274).<sup>70</sup>

Pour assurer la proportion nous avons optés pour la proportion d'or basée sur le nombre d'or,  $\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,61803 \dots$ , un nombre connue dans le domaine artistique et architecturale par son harmonie.

Pour faire simple on utilise les nombres qui constitue la suite de fibonacci plus les nombres sont grand plus leurs rapports sont proche du nombre d'or. Les nombres utilisés sont : 21 ; 34 ; 55 ; 89 ; 144 ; 233. On les devise par 10 pour les adapter à l'échelle de construction 3.4 ; 5.5 ; 8.9 ; 14.4 ; 23.3. Dans la figure (ci-dessous) les deux volumes apparents sont traités par le nombre d'or.

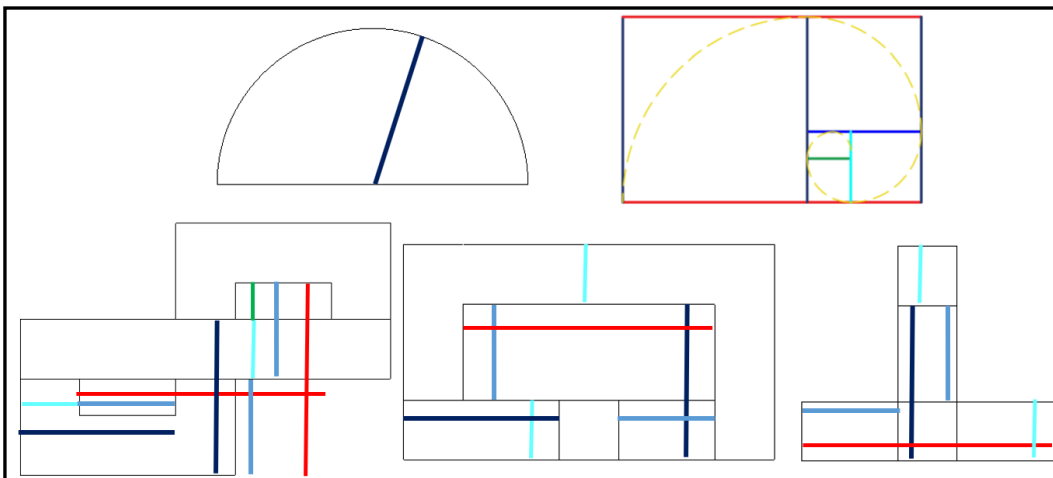


Figure 6:11 Les différents rapports utiliser dans la volumétrie Source : Auteurs

<sup>70</sup> <http://images.math.cnrs.fr/Le-Nombre-d-or.html?lang=fr>.

La proportion d'or exprimée par les rectangle d'or dans la figure (ci-dessous). La spiral d'or est exprimée par la couleur d'orée, et les rectangles d'or sont en différents couleurs.

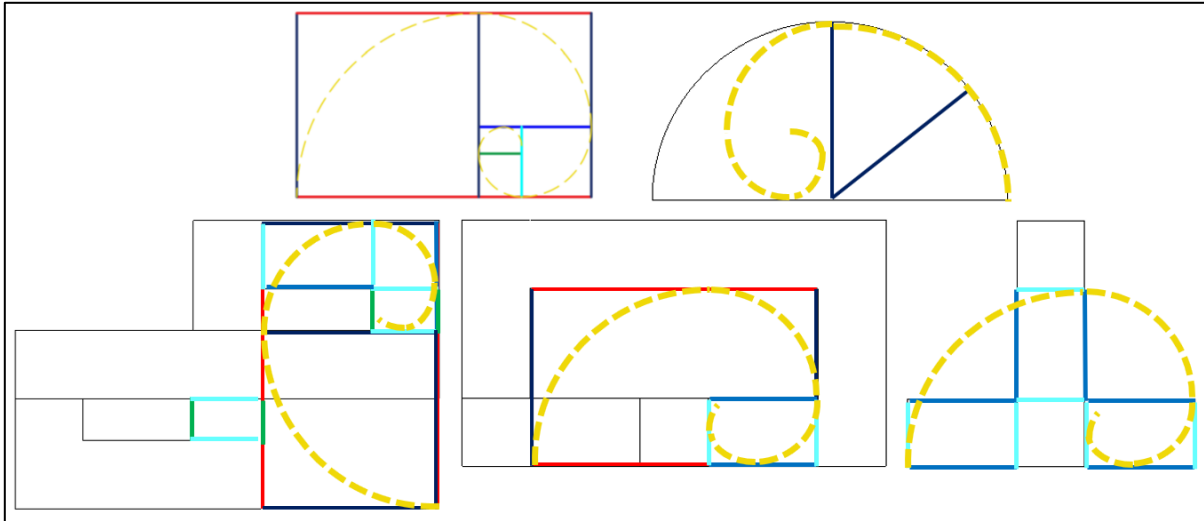


Figure 6:12 la proportion d'or dans le projet Source: Auteurs

Les deux formes apparentes (la coupole et le ruban) sont géométriquement opposées. Alors il fallait envisager des éléments unificateurs pour assurer la continuité visuelle.

La surélévation des deux volumes sur des socles de même texture.

Imaginer une couverture (pergola, waffel structure) qui transporte la vision depuis le ruban jusqu'à la coupole. La pergola a une forme courbée, et sa proportion est assurée par le nombre d'or présent dans différents lieux comme le montre la figure (ci-dessous)

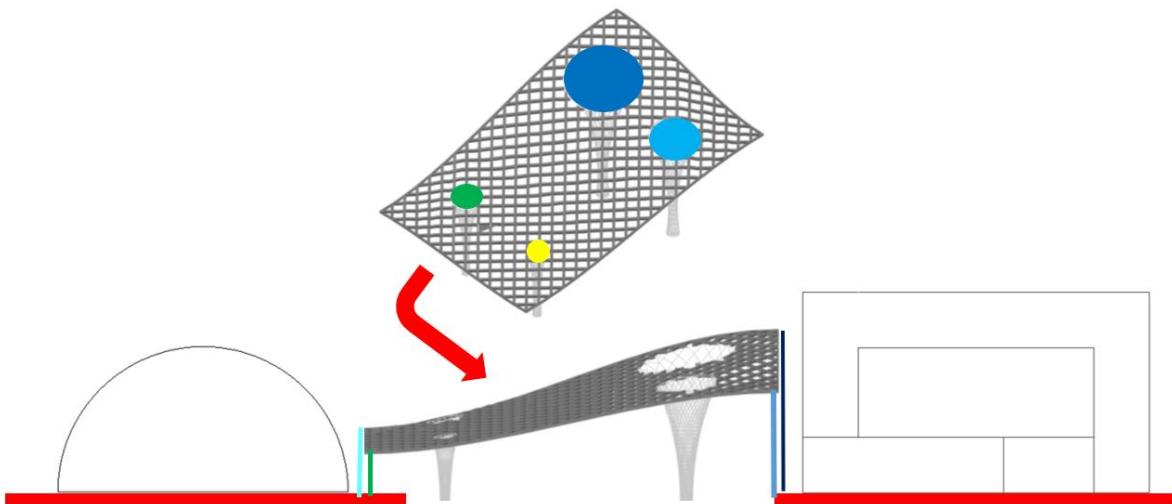


Figure 6:13 schéma des socles et de la pergola Source: Auteurs

### 6.3 L'implantation

Les deux volumes apparent (la géode et le ruban) sont implantés obliquement, orientés plein sud pour tirer profit du soleil, et afin de permettre des vues globales qui encadre tout le projet, exprimées en couleur jaune.

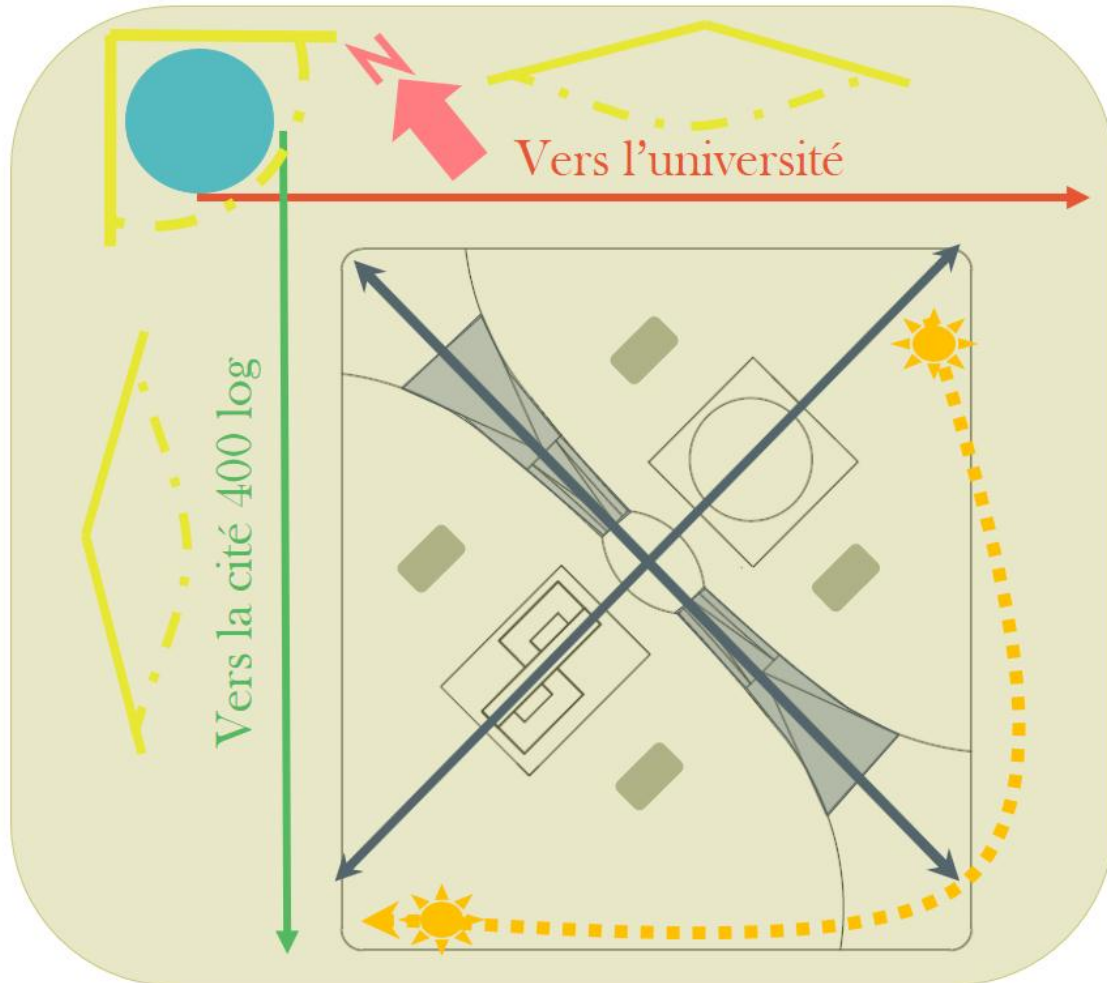


Figure 6:14 Schéma d'implantation Source: Auteurs

La géode est du côté de l'université car le planétarium est purement scientifique.

On creuse un passage perpendiculaire à le nœud fort, exprimés en bleu foncé (le giratoire de la cité des jardins en bleu), qui donne la possibilité d'accéder à la partie enterrée. Inspirer du passage de l'université cachée de Seoul.

On creuse aussi des patios afin d'assurer l'éclairage et la ventilation naturel dans la partie enterrée, exprimés en gris.

Et on a prévu une passerelle qui lie les deux pole inspirer d'un pont existant.

## 6.4 L'accessibilité

-Pour valoriser notre projet on a décidé de créer en accès principale piéton au près du nœud fort

-Un accès mécanique et piéton secondaire prévu à proximité du parking.

-L'accès des secours est prévu sans l'axe principale pour faciliter l'accès au secours.

-L'accès principale du projet est par la partie enterrée. Afin de provoquer la curiosité des visiteurs, car le bute du CLS c'est l'apprentissage des sciences et ce qui pousse à apprendre c'est la curiosité.

-Les accès secondaires du projet sont par les volumes apparents

-Les accès tertiaires sont par les patios pour but de connecter la partie enterrée avec l'extérieur.

Les issus de secoure pour la partie enterrée. En cas d'incident.

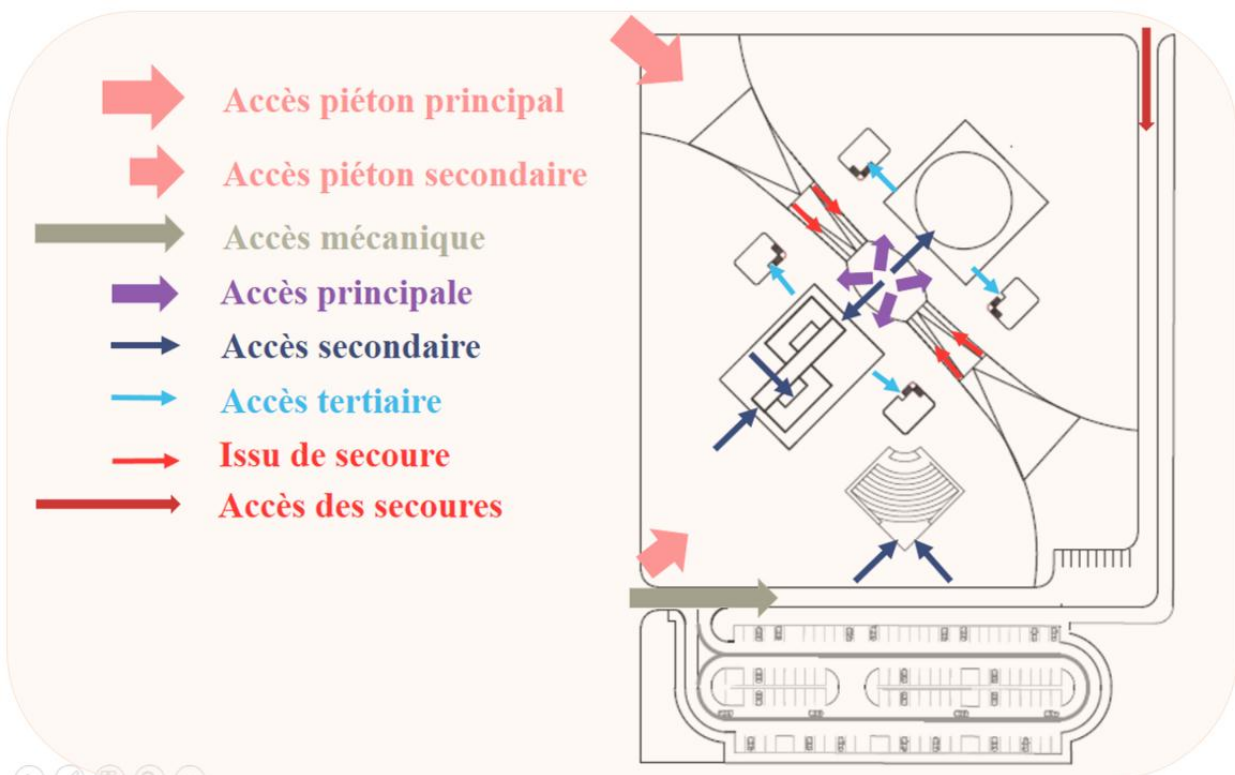


Figure 6:15 Schéma de l'accessibilité Source: Auteurs

## 6.5 Plan de masse

Le plan de masse est caractérisé par deux type de passage, **des passages orientés (guidés)** et **des passages libres**. Les passages guidés sont envisagés pour orienter les visiteurs vers les entrées du projet, et les passages libres se trouve que pour la zone de détente.

Comme les deux volumes (Ruban et la Coupole) sont interrompu par la rampe, on décider d'envisager une passerelle qui lie les deux volumes.



Figure 6:16 Plan de masse Source : Auteurs

## 6.6 L'affectation des espaces

Le programme du CLS se divise en deux types d'espaces, il y a ceux qui sont destinés aux visiteurs, et ceux qui sont destinés aux usagers ; la partie enterrée est pour les usagers et la partie sur élevée est pour les visiteurs.

La partie enterrée se divise en 4 entité dont 3 sont dédiés aux laboratoires/Atelier et une bibliothèque avec une salle de lecture et un foyer ; et une entité qui accueille l'auditorium et le salon d'honneur.

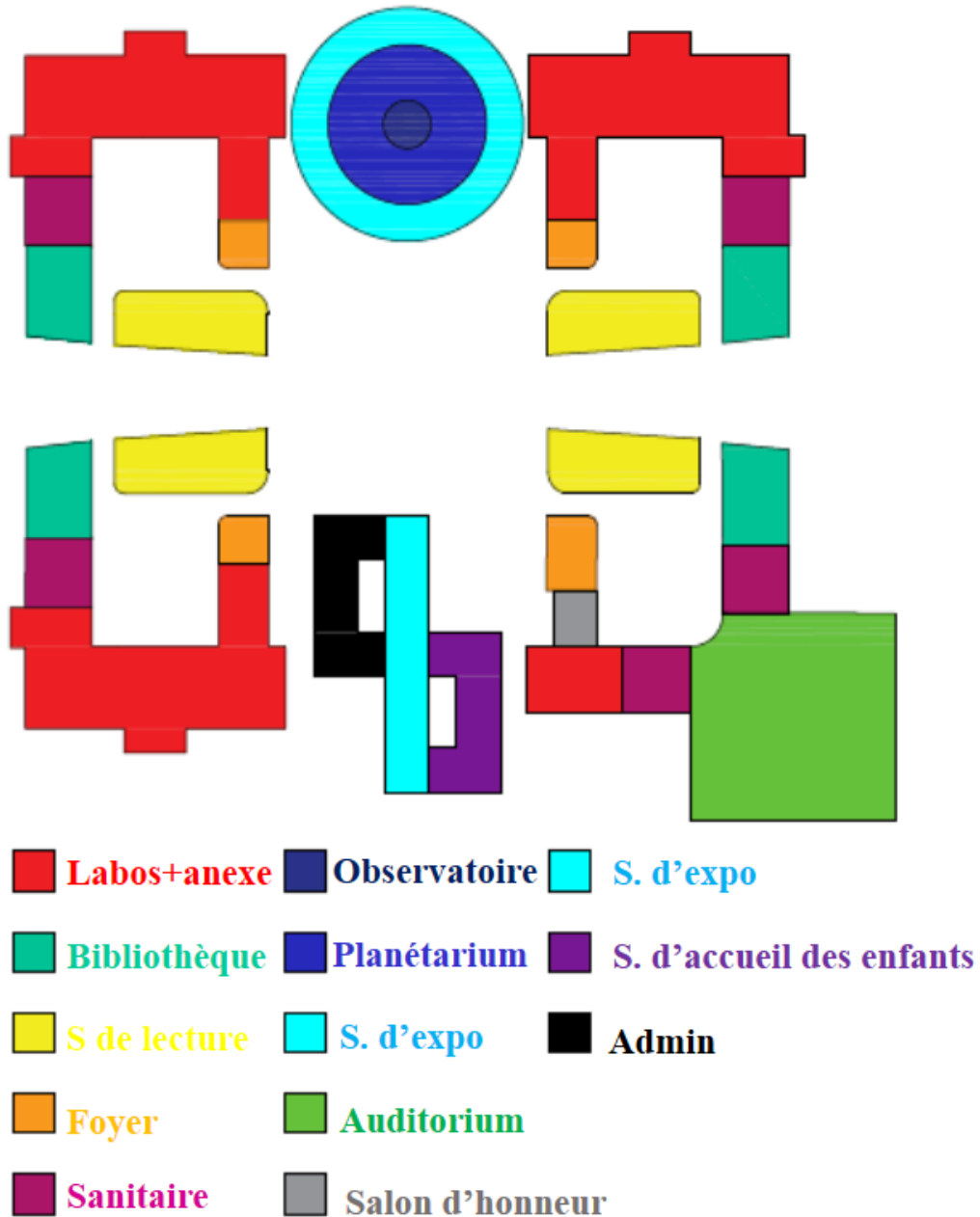


Figure 6:17 Schéma d'affectation des espaces Source : Auteurs

## 6.7 Plans de la partie enterrée (sous-sol)

Le niveau 00 (sous-sol) est destiné spécialement aux usagers du CLS, où il comporte les fonctions principales (les différents labos ; bibliothèque ; auditorium...).

La disposition de l'aménagement des espaces d'apprentissages (labos) a pour but de favoriser le contact et l'interaction entre les usagers.

Les espaces non aménagés (les patios) afin qu'ils soient totalement appropriés par les usagers du CLS, et pour abriter des activités diverses. Comme a dit l'architecte et enseignant à ENSA de Marseille ; Mathieu Poitevin « **la plus belle récompense c'est quand l'architecte peut disparaître du profil de l'architecture...la meilleure façon dont l'architecture puisse vivre évoluer c'est qu'elle peut être autre chose** »<sup>71</sup>. Il pense que ça devient dangereux que l'architecture impose un mode de vie à l'utilisateur « **un côté dictatorial en architecture** ».

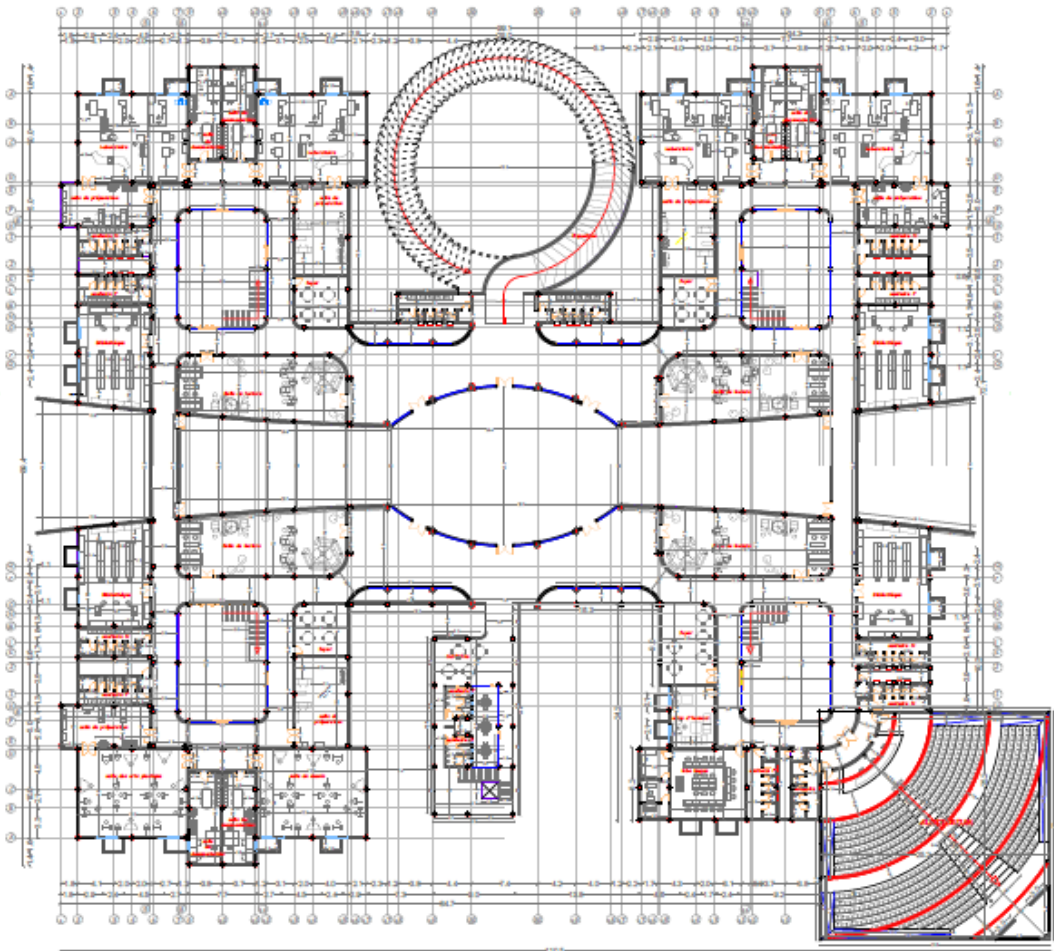


Figure 6:18 Plan de Sous-sol Source : Auteurs

<sup>71</sup> <http://www.strasbourg.archi.fr/> ENSA Strasbourg ; conférence de Mathieu Poitevin ; ajouté le 23 fév. 2017.

La grande contrainte dans les plans a forme éclater c'est la liaison des différentes entités ; assurer la liaison sans recourir à l'extérieur, ça été le défi. Donc on a envisagé des couloirs larges de 3m pour éviter la sensation qu'ils soient longs ; ainsi que les parties supérieures sont accessible depuis le niveau 00. Comme le montre la figure (ci-dessous)

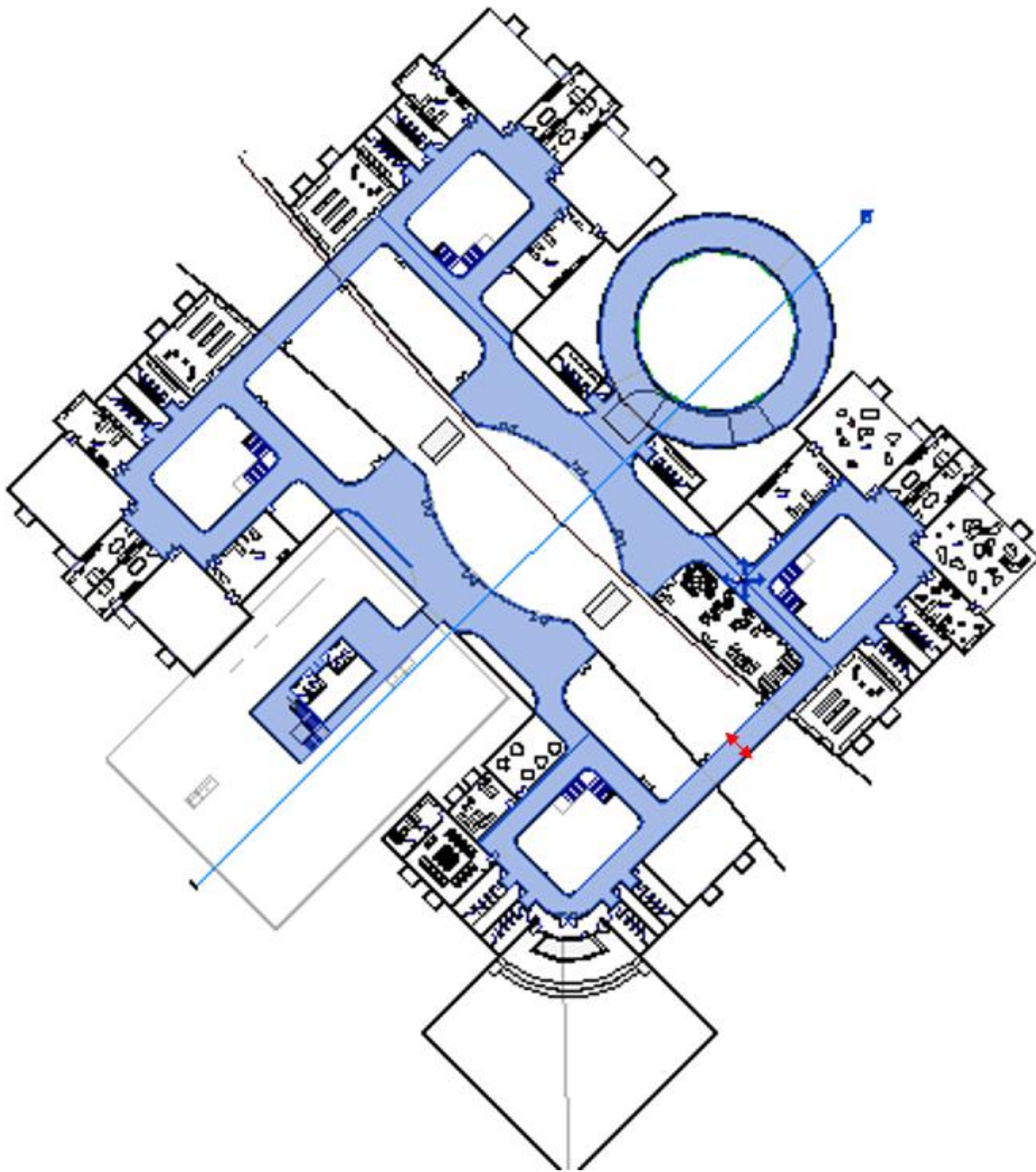


Figure 6:19 La circulation de plan de sous-sol Source: Auteurs

## 6.8 Plans de ruban

Le ruban accueil au rez-de-chaussée, les enfants et l'administration, et une partie de l'exposition. Et trois étages courants pour l'exposition et le dernier étage, le dernier étage et articuler avec le RDC et la partie enterrée par un ascenseur panoramique.

Pour l'accueil des enfants en s'inspire de (Phæno) qui offrent au visiteur la possibilité d'expérimenter.

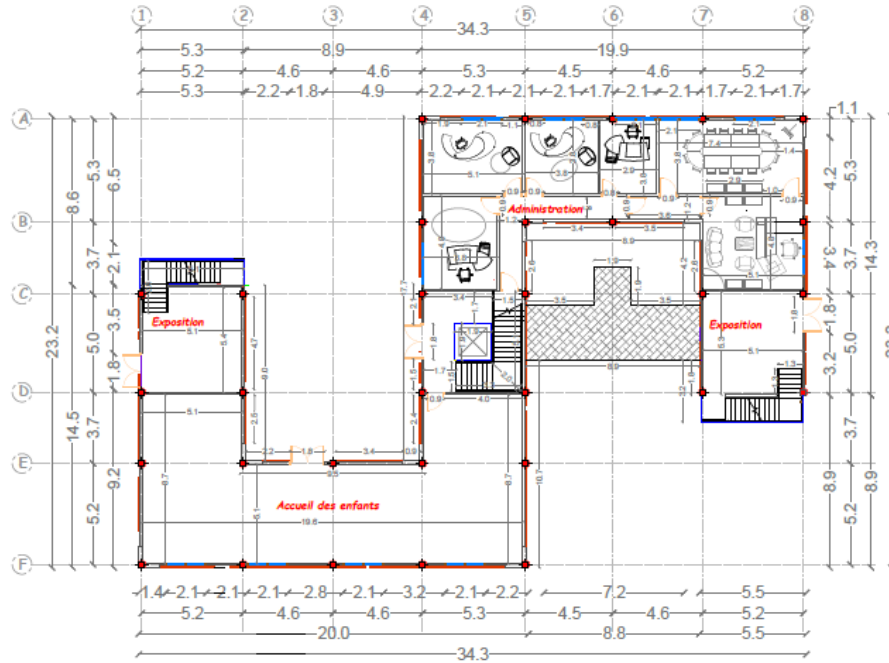


Figure 6:20 Plan RDC Source: Auteurs



Figure 6:21 Étage courant Source : Auteurs



### 6.8.1 Plans de coupole

La coupole abrite dans son centre le planétarium et l'observatoire, et l'exposition en périphérie du planétarium qui assure la liaison entre le planétarium et la partie enterrée, par une rampe.

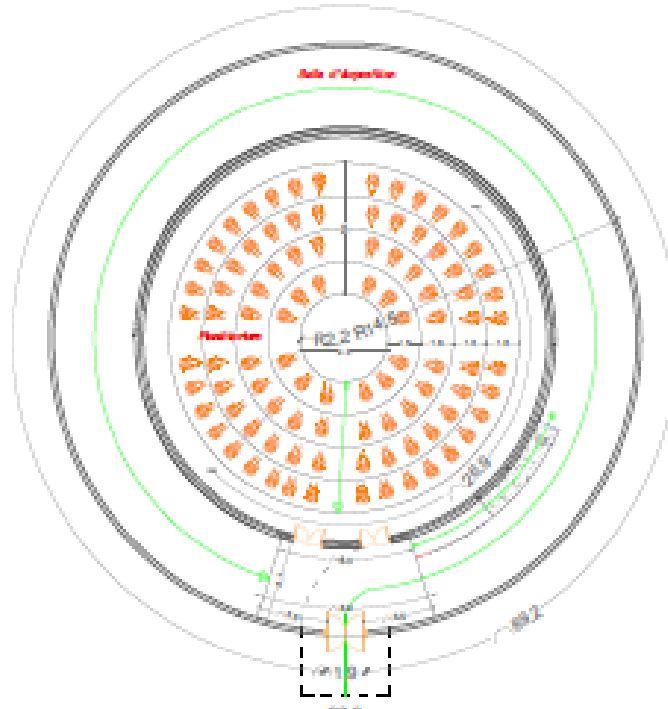


Figure 6:24 Pan du planétarium et la S d'exposition Source : Auteurs

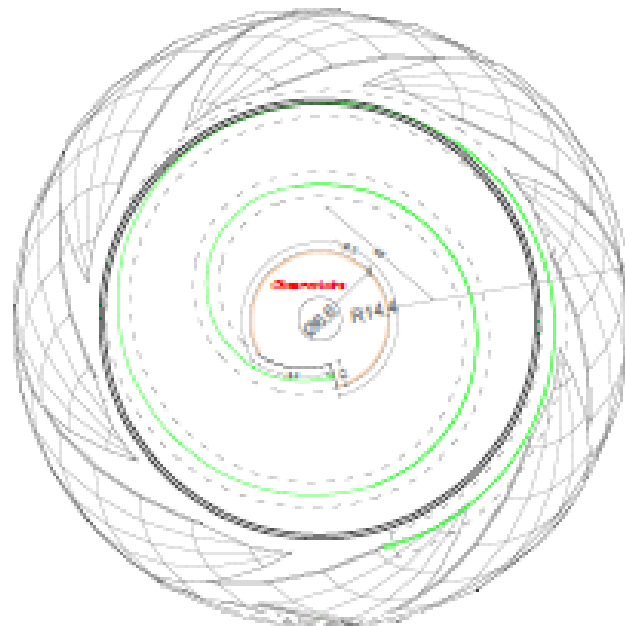


Figure 6:25 Plan de l'observatoire Source : Auteurs

## 6.8.2 Les façades

Le traitement de la coupole est du ruban est fait pour les unifier, par les socles, la texture, et la passerelle et la pergola.

Le bardage du ruban en forme d'arbres reflète la nature et la durabilité, et joue le rôle du moucharabieh.

L'accès à l'édifice va jouer le rôle du médiateur entre l'aménagement extérieur et le souterrain, l'accès principale se fait par une rampe qui pousse la curiosité du visiteur, et l'invite à descendre dans la terre.

L'entrée est marquée par le retrait et la concavité afin de pousser la curiosité des visiteurs. Vitrée et totalement inondée par la lumière du jour, pour inciter le visiteur à accéder et éliminer la sensation d'hésitation du a l'obscurité.



Figure 6:28 Façade Sud Source: Auteurs

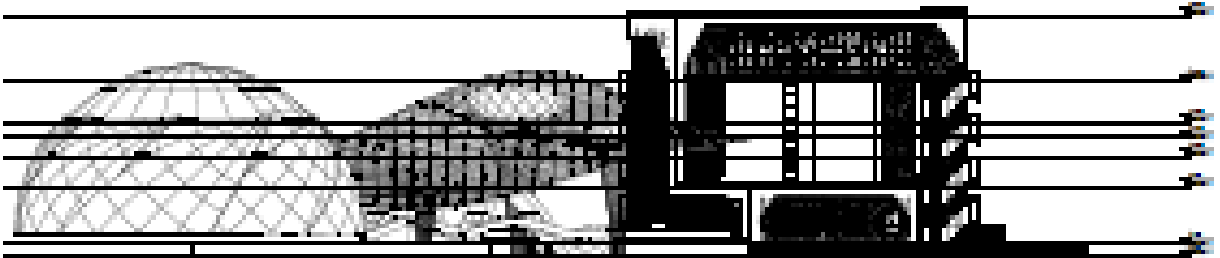


Figure 6:27 Façade nord Source : Auteurs

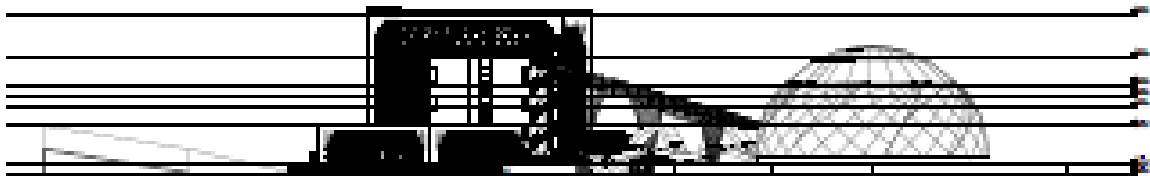


Figure 6:26 Façade sud Source : Auteurs

## 6.9 Partie technique

### 6.9.1 Choix du système structurel :

Le choix du type structurel dépend du :

- Contexte dans lequel il s'inscrit
- La nature des espaces
- La forme générale du projet
- La portée
- La légèreté et la flexibilité des espaces

### 6.9.2 Partie enterrée

Pour la partie enterrée la structure choisie est : poteaux poutre + voile en béton.

Les planchers et la toiture sont supportés par des poutres elles-mêmes supportées par des poteaux. Ce sont les poteaux qui transfèrent finalement l'ensemble des charges au système de fondations.

On a utilisé deux type de section de poteaux, 30cm/30cm pour les portées inférieures à 5m ; et 40cm/60cm pour les portées supérieures à 5m.

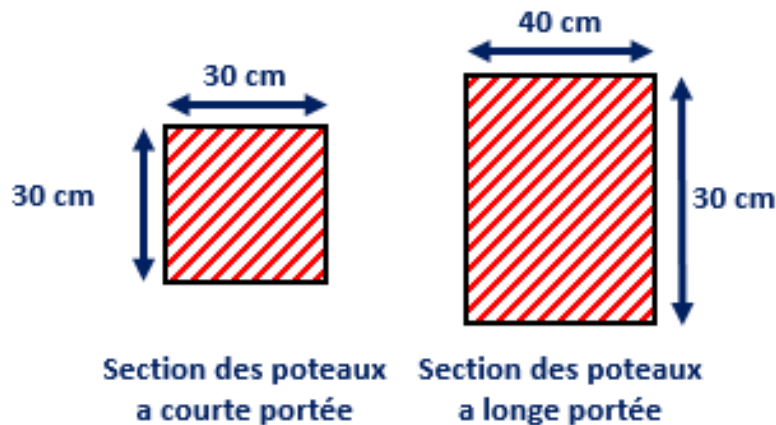


Figure 6:29 Démontions des poteaux Source : Auteurs

Et le voile joue le rôle de mur de soutènement. Voile de béton, une paroi verticale en béton armé.

Pour les poteaux qui ne sont plus en continuité, il faut des poutres avec un ferrailage de bateau.

Les joints de rupture, sont envisagés pour les portées qui dépassent les 25m comme le montre la figure ci-dessous. Chaque zone est séparée par un joint de rupture.

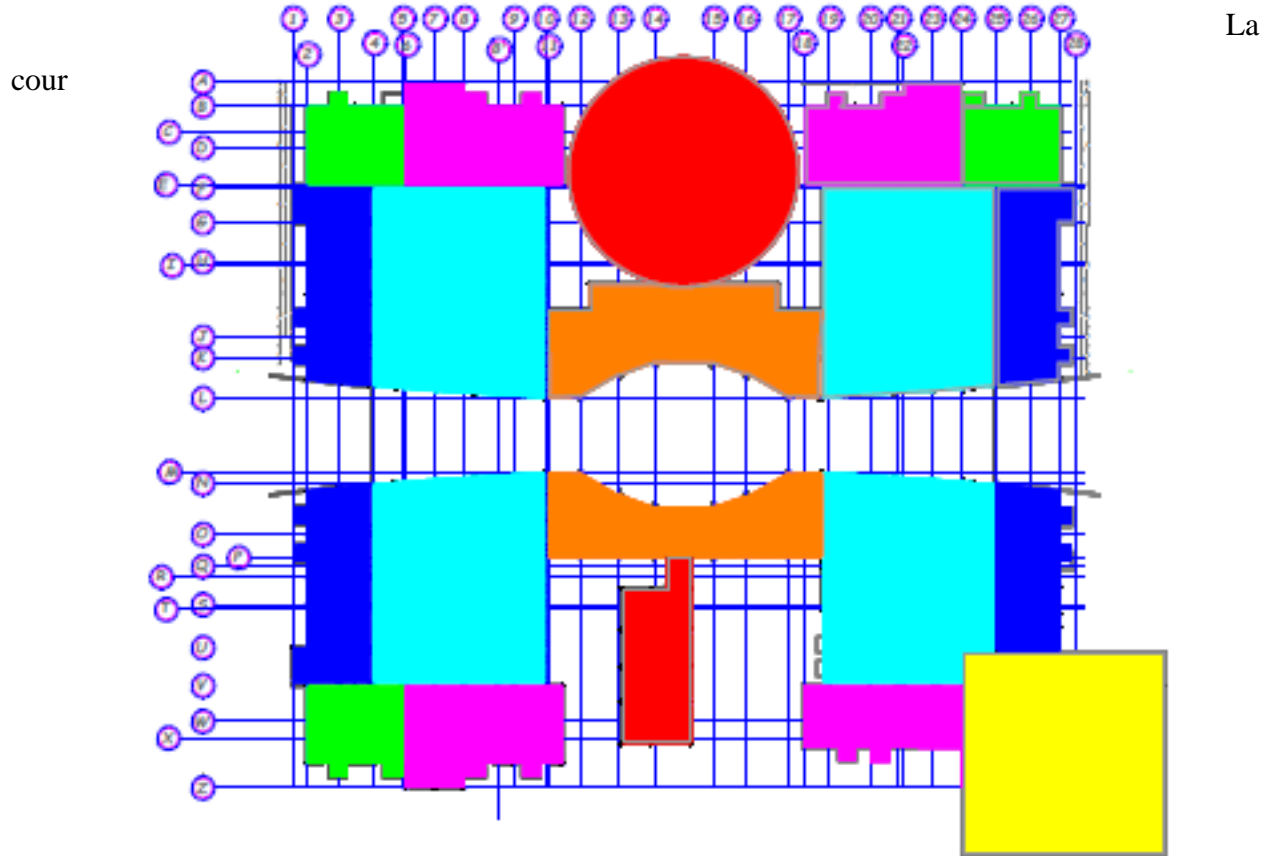


Figure 6:30 schéma des zone des joint de rupture Source: Auteurs

anglaise offre la possibilité d'ouvrir une fenêtre dans le sous-sol, pour l'éclairage et la ventilation naturelle.

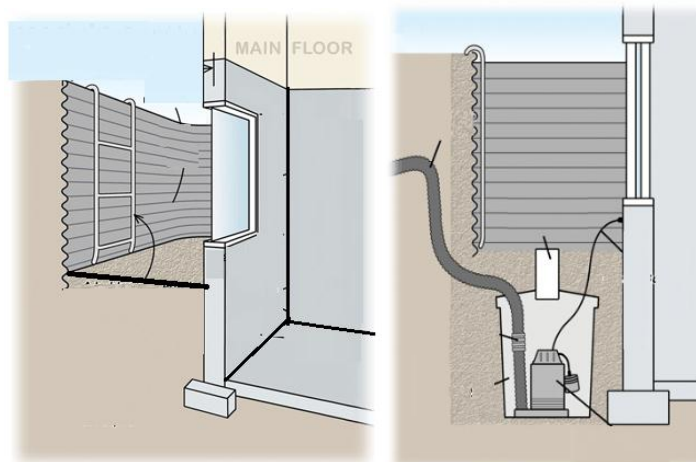


Figure 6:31 Schéma de la cour anglaise Source: [www.allstarmi.com](http://www.allstarmi.com)

### 6.9.2.1 L'auditorium

Pour la grande portée de l'auditorium. On a utilisé la structure en charpente métallique

La charpente métallique est en général composée d'acier. Sa conception basée sur la distribution des efforts réclame une connaissance approfondie de la mise en œuvre des calculs de structures, des normes de construction, et de sécurité.<sup>72</sup>

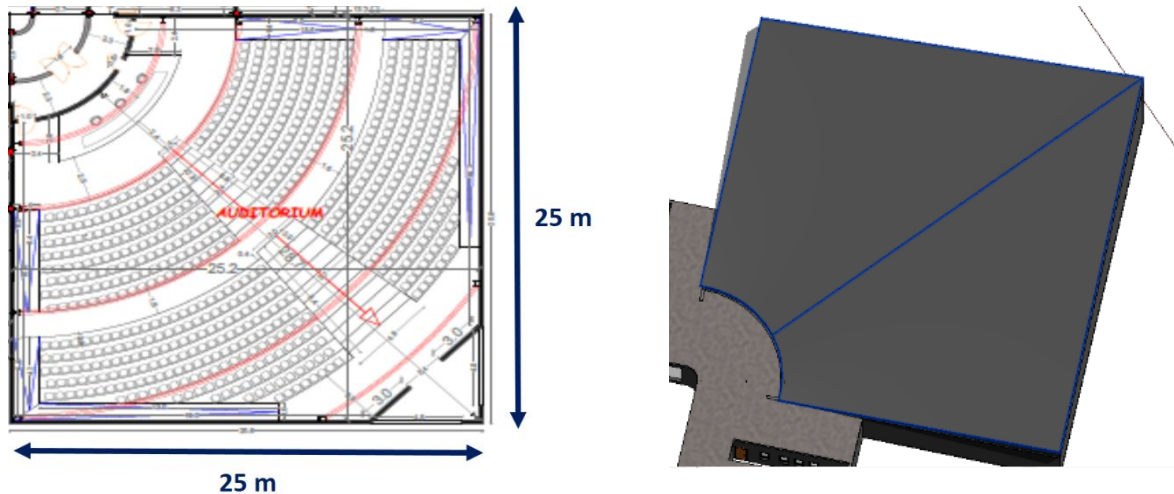


Figure 6:32 la portée de l'auditorium Source : Auteurs

La caractéristique essentielle des structures en acier formées de poutres et de poteaux est d'être composées de profilés laminés ou reconstitués par soudage élaborés en usine et ensuite assemblés sur le site.

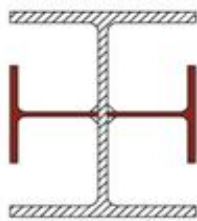


Figure 6:34 détail du poteau I source m ; revit structure

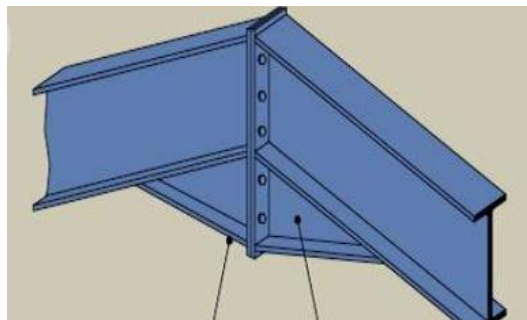


Figure 6:33 Assemblage travers-travers

<sup>72</sup><http://www.ideesmaison.com/Construction/Grostravaux/Charpentemetallique/Charpentemetalliqu e.html>

### 6.9.3 Le ruban

La portée de la salle d'exposition est de 23m donc on a envisagé de choisir le béton précontraint pour cette partie.

Le béton précontraint est un matériau de construction composite dans lequel ont été préalablement introduites des tensions opposées à celles qu'il devra subir une fois mis en œuvre.

Cette technique vise à améliorer la résistance du béton face à diverses sollicitations, lorsqu'il sera notamment soumis à des charges et des tractions dangereuses pour son intégrité, comme la charge d'exploitation ou la charge climatique. Regardons cette technique en détails.

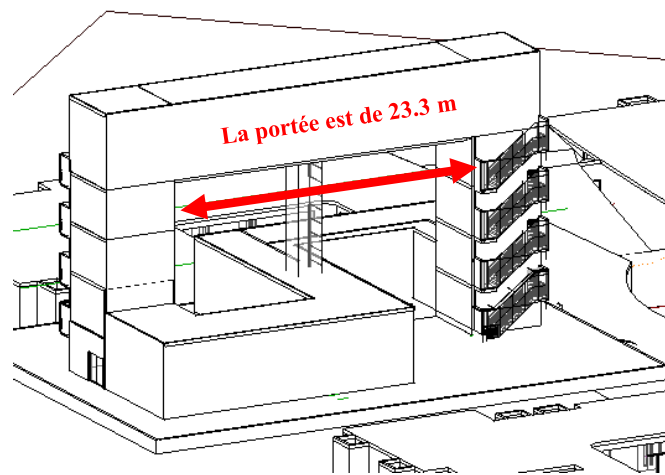


Figure 6:35 la portée du salle d'exposition Source Auteure

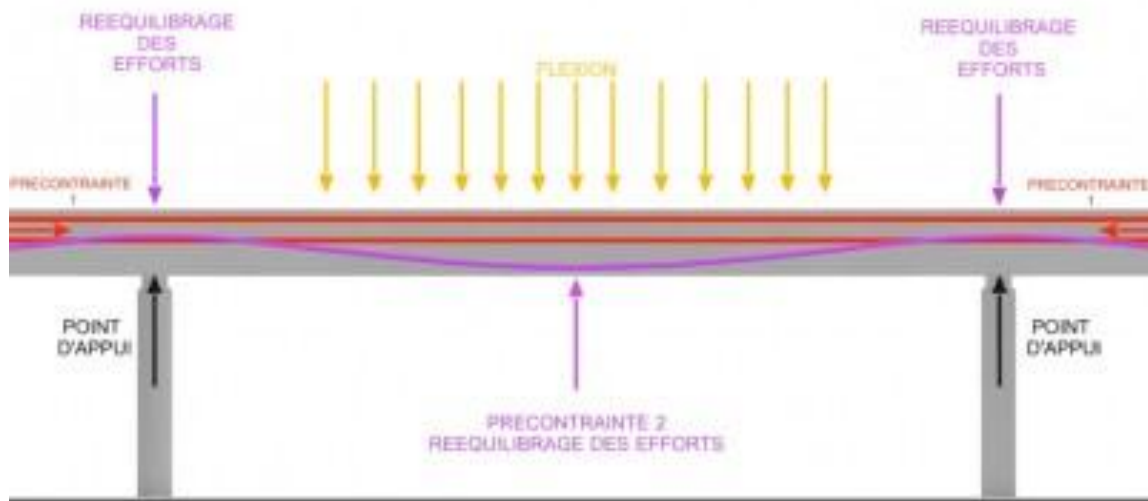


Figure 6:36 schéma de la portée précontrainte Source

### 6.9.3.1 Ascenseur panoramique

Ascenseur. Appareil élévateur permettant de transporter des personnes dans une cabine se déplaçant entre des guides verticaux, ou faiblement inclinés sur la verticale. Élévateur à bateaux assurant la liaison entre deux biefs de niveau différent.

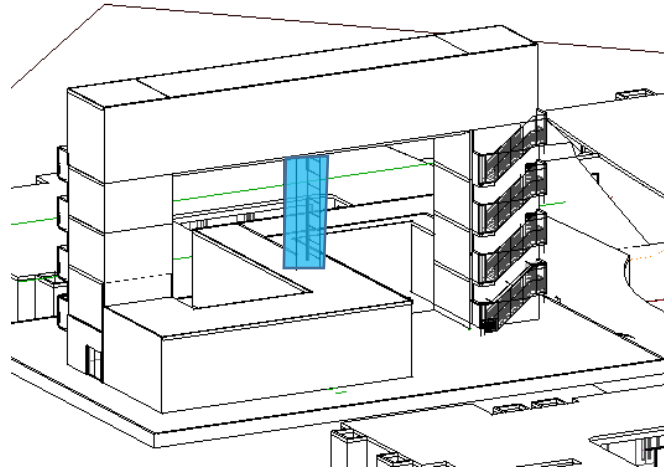


Figure 6:37 ascenseur panoramique Source : Auteurs

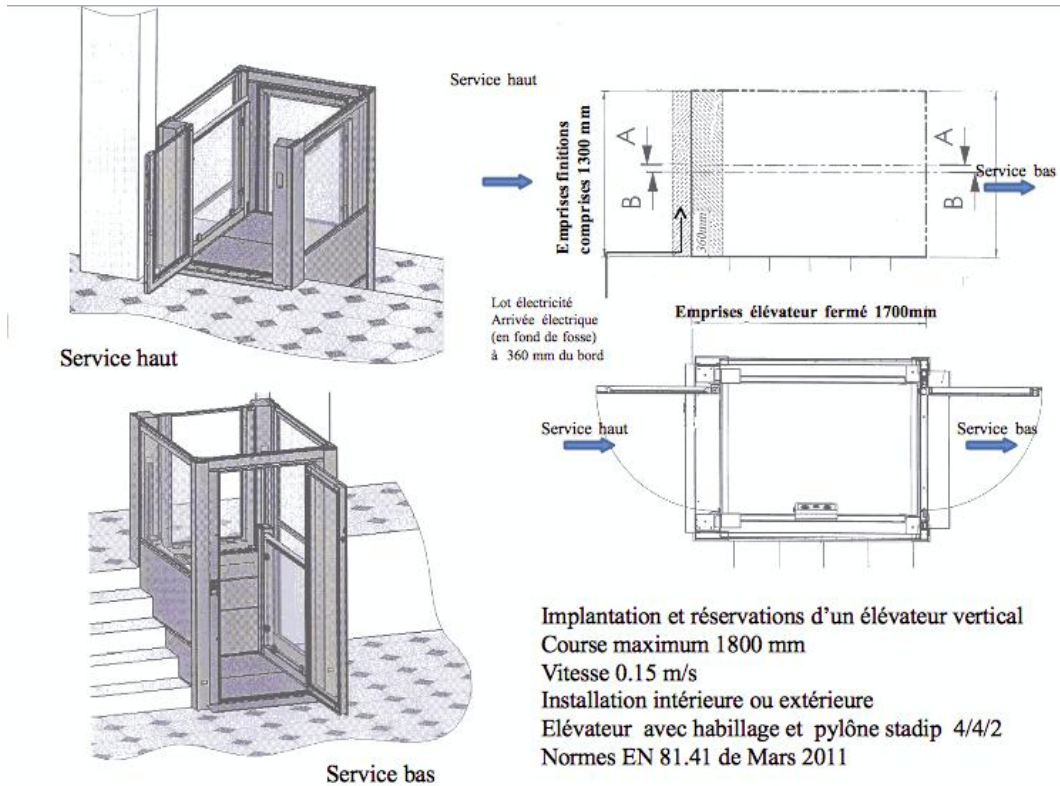


Figure 6:38 détail de l'ascenseur panoramique

### 6.9.4 La structure de la coupole

La structure de la coupole est en aciers, une structure tridimensionnelle, afin de permettre les grandes ouvertures.

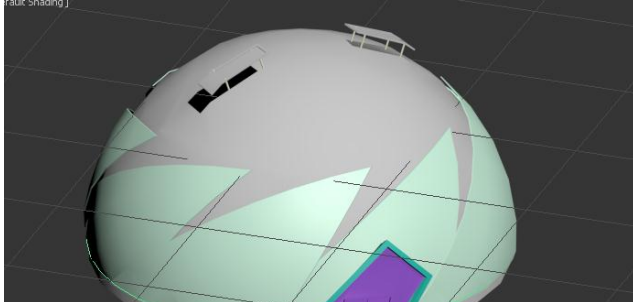


Figure 6:39 la coupole extérieure en structure tridimensionnel



Figure 6:40 exemple du coupole en cours de réalisation

La structure du planétarium est en béton, pour porter la rampe comme le montre la figure ci-dessous

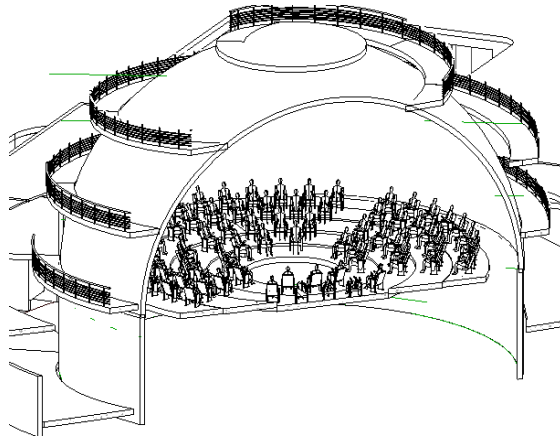


Figure 6:41 coupe 3d de la coupole Source : Auteurs

### 6.9.5 La structure de pergola et de passerelle

La structure de pergola est tridimensionnelle ainsi que la passerelle, car leurs portées sont importante.

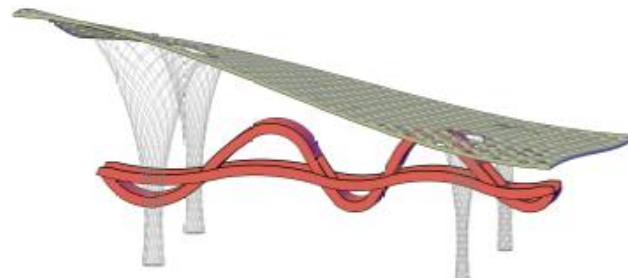


Figure 6:42 la passerelle et la pergola Source: Auteurs

### 6.9.6 Revêtement

Le bardage en bois est un élément de

### du ruban

bois Le bardage en parement qui se fixe

sur une ossature secondaire solidarifiée à la structure porteuse. La rénovation d'une maison avec la pose d'un **bardage en bois** est surtout intéressante pour l'embellissement de la maison et pour la protection face aux intempéries climatiques<sup>73</sup>

Le bardage participe au fixation du **mur végétal** est un écosystème vertical conçu comme d'art ou un noyau écologique dans le but de recouvrir une façade extérieure ou mur intérieur.

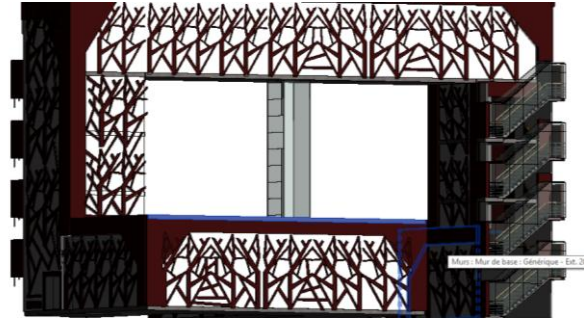


Figure 6:43 bardage en bois de cls source : auteur une œuvre

### 6.9.7 L'assainissement

Pour la partie enterrée on installe une micro station d'épuration. Car cette partie est inférieure au niveau du réseau principal. Et on peut profiter des eaux récupérés pour l'arrosage des toitures végétales.

L'installation du micro station est facile, dans notre cas on peut installer plusieurs unités afin de collecter tous les eaux usées.



Figure 6:44 Schéma de l'épuration Source : www.graf.fr

<sup>73</sup> <https://www.nature-bois-concept.com>

### 6.9.7.1 Le principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du micro épuration GRAF. Ce système se fait en 4 phases :

- Phase d'alimentation en eaux usées.
- Phase d'aération.
- Phase de décantation.
- Phase de décharge des eaux claires.

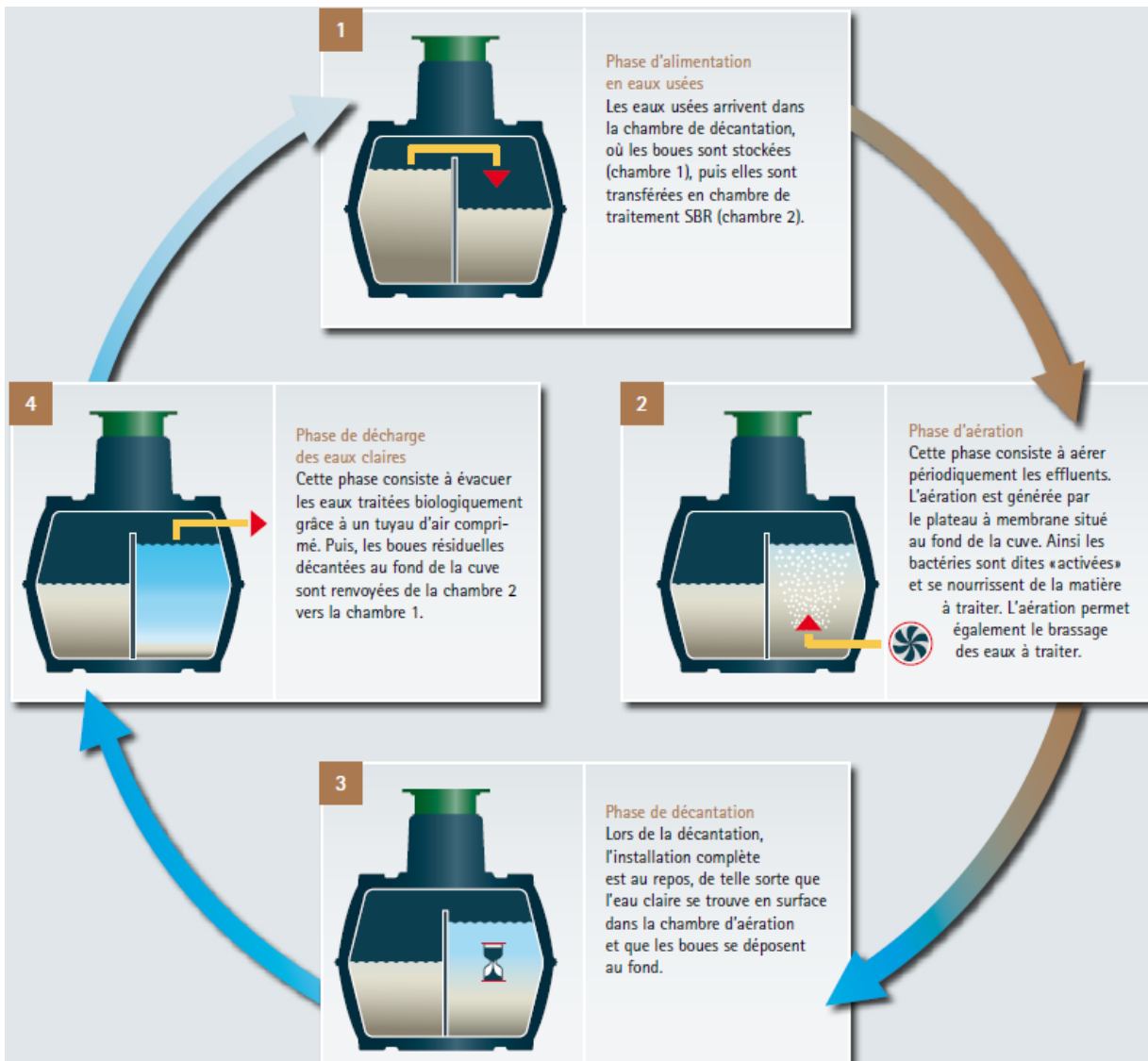


Figure 6:45 Schéma de fonctionnement du micro station d'épuration Source : [www.graf.fr](http://www.graf.fr)

### 6.9.8 Les stratégies bioclimatiques

-La stratégie bioclimatique, et passive de base dans notre projet, c'est l'inertie du sol. Un concept qui tire profit du sol, le sol a une température stable d'une moyenne de 16°C à Djelfa, qui joue un rôle de stabilisateur, régulateur thermique été comme hiver ; comme le montre la figure ci-dessous.

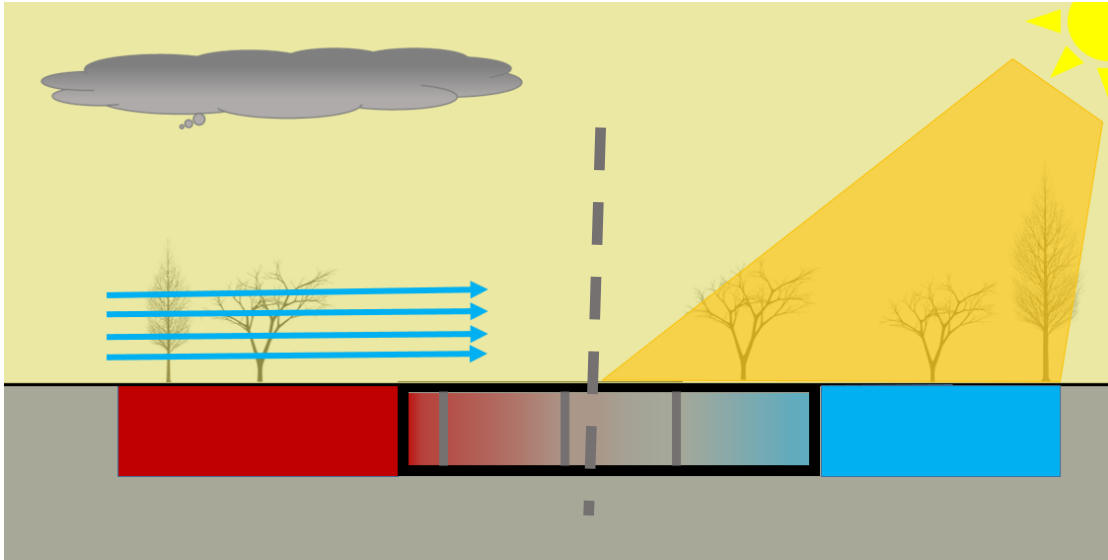


Figure 6:46 l'avantages de l'inertie du sol Source : Auteurs

-Afin de tirer profit de l'inertie du sol on évite d'isoler les parois qui l'adossent. Pour favoriser l'échange thermique entre l'espace intérieure et ce dernier. Donc on a opté pour le béton qui est un matériau inerte et a forte conductivité thermique. Comme le montre la figure ci-dessous.

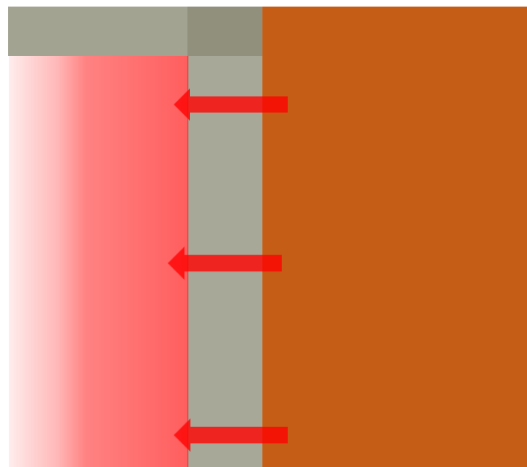


Figure 6:47 Schéma du mur pour profiter de l'inertie Source : Auteurs

-Pour les parois qui ont un contact avec l'extérieur, on a opté pour des matériaux inertes avec isolation par extérieure ; afin de capté l'énergie thermique par rayonnement et puis le transmettre à l'intérieure et non plus à l'extérieur, et l'isolation par extérieure permet aussi d'isoler les ponts thermiques. Comme le montre la figure ci-dessous.

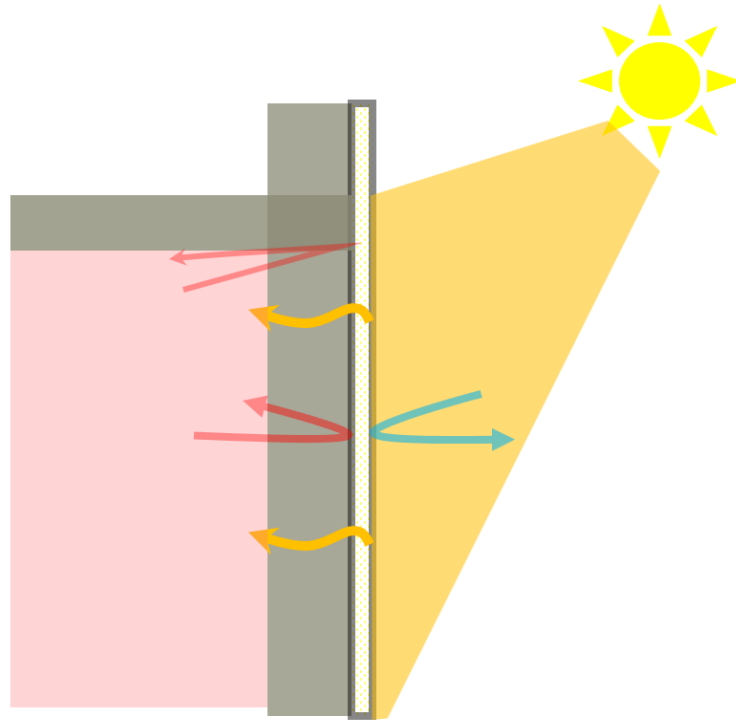


Figure 6:48 Schéma des murs extérieur Source : Auteurs

-Les escaliers du ruban en verre, jouent le rôle de serre comme le montre la figure ci-dessous.

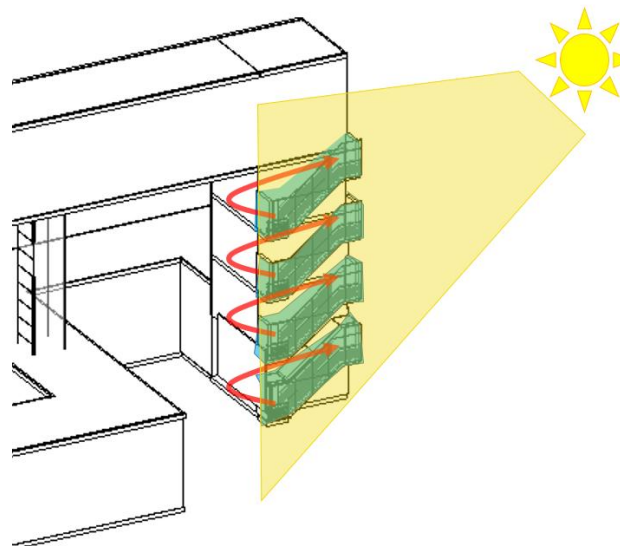


Figure 6:49 Schéma des serres Source : Auteurs



1.1.1.1

**L'influence de**

sur le confort thermique

Le Centre de loisir scientifique Djelfa

Par

Ben lahreche

Hocine Nour eddine

## **7 INTRODUCTION**

Le but premier de la construction d'un bâtiment est d'assurer la protection, le confort et la sécurité.

Pour assurer le confort thermique dans le centre de loisir scientifique, nécessite avant tout une bonne compréhension du climat de Djelfa, et on doit aussi prendre en considération les principes fondamentaux de l'architecture bioclimatique en amont, qui vise, par sa conception architecturale, à optimiser les ressources du milieu.

Parmi les techniques d'architecture bioclimatique dans notre projet ; l'inertie thermique, qui est fortement utilisée dans les climats similaires au climat de la ville de Djelfa, caractérisé par un hiver de longue durée et froid. Nous allons essayer à travers cette étude de vérifier l'impact de l'utilisation de cette technique au confort thermique du CLS de Djelfa

Afin d'arriver à nos objectifs, et vérifier l'impact de l'inertie du sol sur le confort thermique du CLS, Nous allons utiliser la simulation numérique par le logiciel Autodesk Ecotect Analysis ; cette dernière nous permet de développer un model numérique représentatif du projet (CLS). Les résultats obtenus pouvant par la suite être général sur la totalité du projet

## **8 PROBLEMATIQUE**

L'usage de la technique de l'inertie du sol dans les climats froids est généralement bénéfique ; vu les avantages que représente cette technique par rapport au confort thermique, une grande partie de notre projet est enterrée (les laboratoires, la bibliothèque, le foyer...). Alors est ce que l'inertie du sol a un impact positif sur le confort thermique dans le CLS de Djelfa.

## 9 LE CONFORT

L'homme désire en général des conditions autres que celles de son climat environnant. La construction d'un bâtiment crée alors un climat intérieur propre à satisfaire le confort de l'homme lui-même (habitations, bureaux, ...) ou de ses activités (usines, entrepôts, ...). Un climat intérieur est satisfaisant lorsque, simultanément, il assure :

- le confort hygrothermique.
- le confort olfactif.
- le confort visuel.
- le confort acoustique.<sup>74</sup>

### 9.1.1 Motivation du choix du confort thermique

La qualité de vie à l'intérieure de l'espace a été souvent attachée au confort thermique, et la conception bioclimatique s'évalue essentiellement par le confort thermique, atteindre ce confort avec des solutions passive ou active (durable) prouve la réussite de la conception bioclimatique.

Assurer le confort thermique dans le C.L.S, est le but principal dans le cadre de la durabilité, sachons que le climat de Djelfa est contraint, une forte température l'été et basse température l'hiver, donc dans notre cas la simulation thermique est primordiale pour obtenir un bâtiment qui prend compte de son environnement.

## 9.2 Le confort hygrothermique

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par l'échange thermique entre le corps et son environnement.<sup>75</sup>

### 9.2.1 Les 6 paramètres de confort thermique

1. Le métabolisme est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.

---

<sup>74</sup> Architecture climatique équilibré J.-P. Eggimann p 38

<sup>75</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 27b

2. L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

3. La température ambiante de l'air  $T_a$ .

4. La température des parois  $T_p$ . De façon simplifiée, on définit une température de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche) :  $Trs = (T_a + T_p) / 2$ .

5. L'humidité relative de l'air (HR) est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température  $T_a$ .

6. La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection. Dans l'habitat, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s.<sup>76</sup>

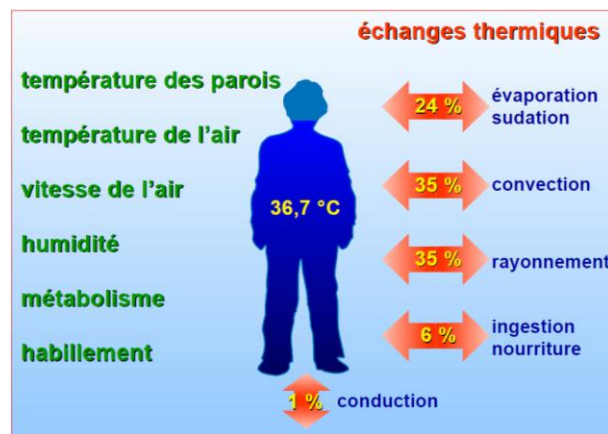


Figure 9:1 Les pertes thermique dépendent de 6 paramètres physiques Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

On constate que c'est six paramètres se divisent par des paramètres liés à l'individu, notamment le métabolisme et l'habillement, et des paramètres liés à l'ambiance thermique, dont la température des parois et de l'air, la vitesse de l'air, et l'humidité relative de l'air.

### 9.2.1.1 La température

La température des parois  $T_p$  influence les échanges thermiques par rayonnement. La répartition des températures sur une paroi est un phénomène complexe mais on admet que  $T_p$  est égale à la moyenne des températures des parois environnantes pondérées par leur surface.

De façon simplifiée, on définit une température de confort ressentie, dite encore température opérative ou température résultante sèche :

$$Trs = (T_a + T_p) / 2.$$

<sup>76</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 27a

Ta représentant la température ambiante ou température sèche, mesurée par un thermomètre ordinaire.

La figure ci-dessous rappelle les températures de confort en fonction de l'activité mesurée par la production de chaleur métabolique, pour une tenue d'intérieur d'hiver (pantalon, chemise et pull-over à manches longues, chaussettes épaisses et chaussures), une vitesse de l'air

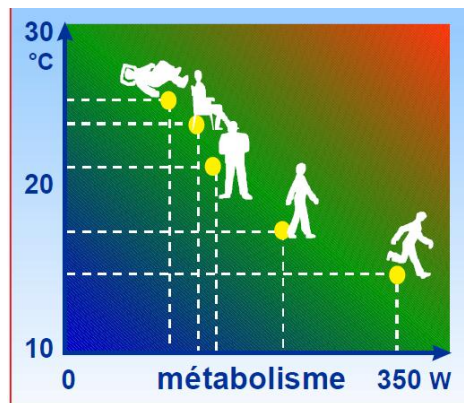


Figure 9:2 Températures de confort pour différentes activités Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

de 0,4 m/s et une humidité relative de 50 %.<sup>77</sup>

### 9.2.1.2 L'hygrométrie

L'air ne peut absorber qu'une quantité limitée de vapeur d'eau. En ambiance chaude, dans des conditions de température données, les échanges thermiques du corps avec son environnement ont lieu principalement par évaporation à la surface de la peau. Aussi, dans une ambiance saturée où il n'est plus possible de transpirer, le corps est la plupart du temps en position d'inconfort. À l'inverse, dans une ambiance sèche, la transpiration est facilitée et permet de supporter des températures ambiantes plus élevées.

La courbe de la figure ci-dessous représente la ligne de température de confort pour un sujet nu, en fonction de l'humidité relative, d'après O. Fanger. La corrélation entre l'humidité relative et la diminution des températures de confort vers le point de saturation apparaît clairement.<sup>78</sup>

<sup>77</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 28a

<sup>78</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 29a

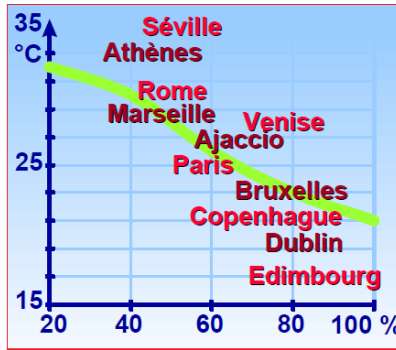


Figure 9:3 ligne de température de confort Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

### 9.2.1.3 La vitesse de l'air

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>9</sup>

La figure ci-dessous illustre particulièrement bien la sensibilité du corps aux courants d'air, et montre la température de confort pour différentes vitesses relatives de l'air.

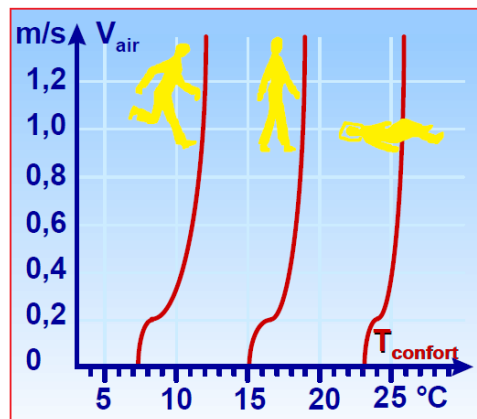


Figure 9:4 Températures de confort pour différentes vitesse relative de l'air Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

Il n'est pas difficile d'assurer le confort thermique d'individus normalement habillés même en situation de courant d'air important (vitesse supérieure à 1 m/s) si la température ambiante correspond à la température de confort.<sup>79</sup>

## 9.2.2 Les méthodes d'évaluation du confort thermique

L'évaluation du confort thermique a été développée à travers le temps, donc y a plusieurs méthodes pour cette approche qui est capital pour assurer le confort des usagés

### 9.2.2.1 Indices pour l'évaluation du confort thermique

Pour la stratégie d'évaluation du confort thermique, il existe plusieurs méthodes basées sur des expérimentations menées par différents chercheurs, on notera quelques méthodes : PMV, PPD, Température opérative, Les enquêtes in situ, Diagrammes bioclimatiques (Givoni, Olgyay, Mahoney... Etc.)

L'indice le plus utilisé est la température ambiante de l'air  $T_a$ , un moyen de control efficace.

D'après les études de O. Fanger dans des laboratoires dédiés à la recherche des indices d'évaluation du confort thermique. Fanger a développé les indicateurs PMV (Vote Moyen Prévisible), et PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaction).

#### 9.2.2.1.1 La température opérative

De façon simplifiée, on définit une température de confort ressentie, dite encore température opérative ou température résultante sèche :  $Trs = (T_a + T_p) / 2$ .<sup>80</sup>

#### 9.2.2.1.2 PMV (Vote Moyen Prévisible)

Fanger a prévu un vote, où la sensation thermique est associée à une échelle qui varie de +3 à -3.

Tableau 15 l'échelle PMV et la sensation thermique

VALEURS DE L'INDICE PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
SENSATION THERMIQUE	Chaud	Tiède	Légèrement tiède	Neutre	Légèrement Frais	Frais	Froid

<sup>79</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 30a

<sup>80</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 28a

### 9.2.2.1.3 PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaction)

Le sentiment de confort thermique tel qu'il est exprimé par les sujets eux-mêmes. Il s'agit de pourcentages prévisibles d'insatisfaits (PPD). Les personnes ayant plus de chaleur à perdre préfèrent des températures plus basses. Il est impossible de définir une température qui convienne à tous : il reste au mieux 5 % d'insatisfaits.<sup>81</sup>

La figure ci-dessous montre la correspondance entre PPD et PMV. Plus le pourcentage de PPD est grand (nombre d'individus qu'on est prêt à accepter) plus l'intervalle de PMV est

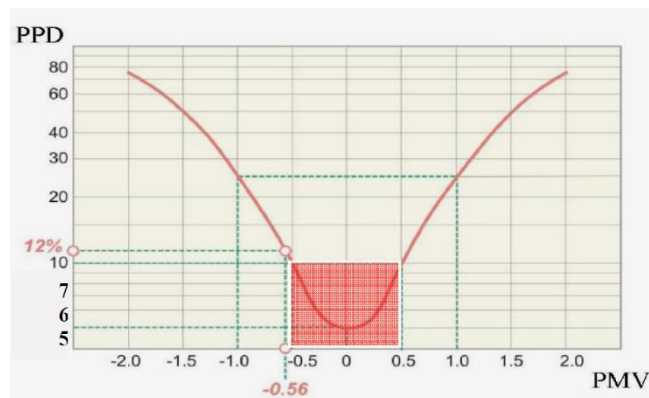


Figure 9:5 Correspondance entre PPD et PMV  
Source Cours CONFORT THERMIQUE de Melle Hamel khalissa  
Université de BISKRA

étendu.

### 9.2.2.2 L'évaluation du confort thermique par des enquêtes in situ

Les enquêtes in situ visent à explorer le confort thermique auprès des sujets sur leurs lieux de vie à travers les mesures de l'ambiance, ce qui permet aussi de collecter les réponses de sensation thermique.

Pour collecté les informations physiques :

La mesure de la température de l'air (Tair) se fait à l'aide d'un thermomètre protégé du rayonnement solaire et du rayonnement des parois du local.<sup>82</sup> Représenté dans la figure ci-dessous.



<sup>81</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme  
<sup>82</sup> [www.energieplus.com](http://www.energieplus.com)

Figure 9:6 Thermomètre de contact et mesure de température ambiante Source [www.energieplus.com](http://www.energieplus.com)

La température de surface d'une paroi ( $T_{\text{parois}}$ ) se fait à l'aide d'une sonde de contact ou sonde à rayonnement infrarouge. Représenté dans la figure ci-dessous.



*Figure 9:7 Thermomètre de surface à infrarouge Source [www.energieplus.com](http://www.energieplus.com)*

De plus, le confort thermique est également influencé par d'autres paramètres dont l'humidité relative et la vitesse de l'air. Et en conditionnement d'air, ces facteurs peuvent avoir de l'importance.

L'humidité relative ( $j$ ) se mesure à l'aide d'un hygromètre.

La vitesse de l'air ( $v_{\text{air}}$ ) est évaluée à l'aide d'un anémomètre à fil chaud.<sup>83</sup>

### **9.2.2.3 Les outils graphique d'évaluation du confort thermique**

Les outils de graphique telle que le diagramme bioclimatique de V. Olgyay sont des outils d'aide à la conception, ils permettent d'établir un diagnostic climatique qui aide à choisir les concepts comme l'inertie thermique, ou les serres etc.

Il existe plusieurs outils graphiques qui permettent l'évaluation du confort thermique, la méthode de Vogt et Miller Chagas, la méthode de Steeve Szokolay, les tables de Mohoney (qui sont une série de tableaux utilisées comme guide pour obtenir des locaux confortables, le diagramme bioclimatique d'Olgyay, le diagramme bioclimatique de Givoni...etc. Dont on interprète que le diagramme bioclimatique d'Olgyay, et le diagramme bioclimatique de Givoni.

---

<sup>83</sup> [www.energieplus.com](http://www.energieplus.com)

### 9.2.2.3.1 Le diagramme bioclimatique d'Olgay

Les frères Olgay ont été chronologiquement les premiers à approfondir la notion de confort thermique et à essayer d'établir des relations avec les ambiances intérieures des bâtiments.

La méthode assume que le confort thermique ne peut être estimé à partir du seul paramètre qu'est la température d'air, mais fait au contraire intervenir plusieurs facteurs tels que l'humidité et la vitesse d'air.<sup>84</sup> la figure représente ce diagramme où apparaît la zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air

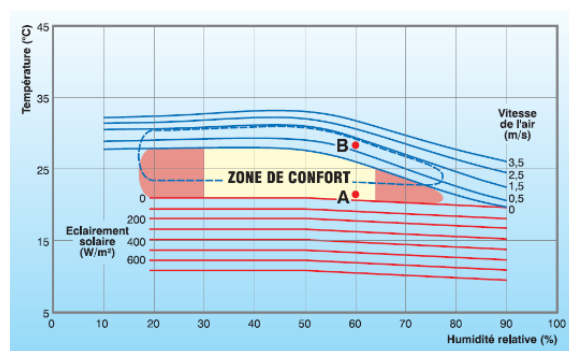


Figure 9:8 Zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air d'après Olgay Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

### 9.2.2.3.2 Le diagramme bioclimatique de Givoni

B Givoni en se basant sur des études concernant le métabolisme et des diverses voies d'échanges thermiques entre le corps et l'environnement a inventé un diagramme qui représente les limites des ambiances confortables. La méthode appelle à l'indice de contrainte thermique pour évaluer les exigences physiologiques du confort, à partir desquelles on détermine les grandes lignes de la conception du bâtiment qui permettent de garantir ce confort ; elle comprend aussi une estimation du climat intérieur attendu sous les conditions ambiantes données.<sup>85</sup>

<sup>84</sup> Cours LA NOTION DE CONFORT THERMIQUE ENSAG 03/12/2010

<sup>85</sup> Cours CONFORT THERMIQUE de Melle Hamel Khalissa Université de BISKRA

La figure ci-dessous qui montre le diagramme de Givoni où apparaît la zone de confort avec ses limites dans on trouve les solutions pour l'inconfort.

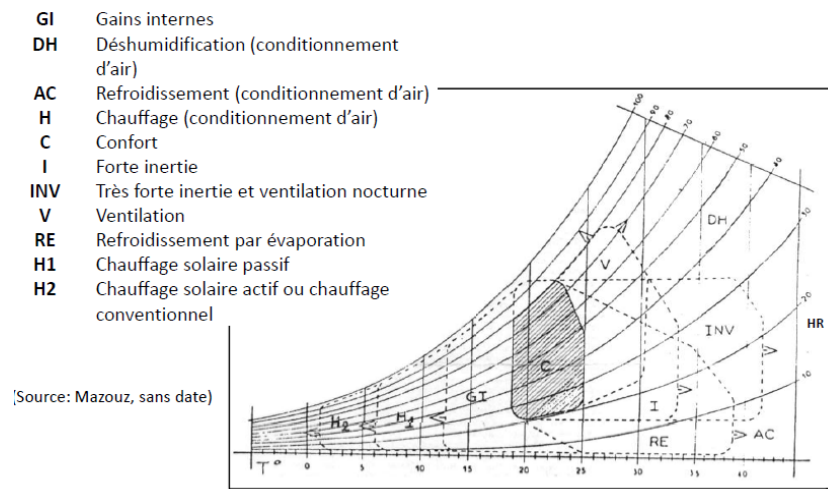


Figure 9:9 Le diagramme de Givoni Source : Cours CONFORT THERMIQUE de Melle Hamel khalissa Université de BISKRA

### 9.2.3 Notion et principe du confort thermique

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant.

Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.

**Remarque** Dans la phase de la simulation on ne s'intéresse plus aux bases de la **conception bioclimatique global (d'ensemble)** comme l'orientation, la forme et la compacité, l'organisation intérieure..., mais on s'intéresse principalement aux **bases de la conception de détail**.

#### 9.2.3.1 La conception bioclimatique du détail

Pour tirer profit de l'environnement il faut capter et stocker l'énergie, et la conserver et la contrôler, il faut une maîtrise et une parfaite connaissance des performances thermiques des matériaux de construction, et des propriétés thermiques du vitrage.

##### 9.2.3.1.1 Les performances thermiques des matériaux de construction

Le choix des matériaux de construction se fait principalement par ces critères :

### 9.2.3.1.1.1 La conductivité thermique ( $\lambda$ )

La conductivité thermique est la propriété qu'a un matériau de transmettre la chaleur par conduction, exprimée en watt par mètre Celsius ( $W/m^{\circ}C$ ), cette caractéristique propre à chaque matériau permet de choisir l'isolation, plus elle est grande plus le matériau est conducteur, et de faible isolation.

Les facteurs qui influent la conductivité sont le poids volumique, la porosité, la teneur en eau.

La constante C dépend de l'épaisseur matériau et de la conductivité thermique  $C = e / \lambda$

### 9.2.3.1.1.2 La capacité thermique (Pc)

La capacité thermique c'est la capacité de stocker la chaleur, exprimée en watt heure par mètre cube Kelvin ( $Wh/m^3.K$ ), plus elle est grande plus la chaleur prend du temps à la traversée et plus le matériau stock la chaleur.

### 9.2.3.1.1.3 L'effusivité thermique (b) ou (Ef)

L'effusivité c'est la rapidité d'absorber les calories par un matériau, exprimée en watt racine carré d'heure par mètre carré Kelvin ( $W.h^{1/2}/m^2.K$ ) plus elle est grande plus le matériau absorbe les calories sans se réchauffer.

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad (\lambda \text{ Conductivité thermique}), (\rho \text{ Masse volumique}), (c \text{ Chaleur massique})$$

### 9.2.3.1.2 L'inertie thermique

L'*inertie thermique* d'un matériau représente sa capacité à absorber ou à restituer de la chaleur. Plus un matériau est inerte, plus il met du temps pour se chauffer ou pour se refroidir. Généralement ce sont les corps les plus massifs (lourds) qui sont les plus inertes. La conception des parois des bâtiments doit prendre en compte cette caractéristique pour améliorer le confort thermique. Un mur inerte (lourd) chauffé par le soleil mettra plus de temps après le coucher du soleil à diffuser la chaleur accumulée durant la journée. Ce décalage de temps s'appelle *déphasage thermique*.<sup>86</sup>

$$Q = r \cdot V \cdot C \cdot DT = m \cdot C \cdot DT$$

- Q : Flux thermique (en  $J=W.s$ )
- r : Masse volumique ( $kg/m^3$ )
- V : Volume ( $m^3$ )

---

<sup>86</sup> Cours Stratégies pour un environnement construit durable Dhaina K

- C : Capacité thermique massique ( $J.Kg^{-1}.K^{-1}$ )
- DT : Ecart de température (K)

Utiliser les sols Le sol est capable d'absorber une partie du rayonnement incident et de réfléchir le reste ; le rayonnement absorbé participant au réchauffement du sol lui-même. En milieu

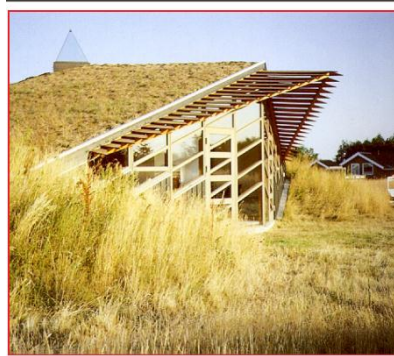


Figure 9:10 Maison de vacances sur le littoral danois Source : traité d'architecture et d'urbanisme

urbain, caractérisé par un coefficient d'absorption élevé.<sup>87</sup>

Le sol a des capacités d'isolation thermique déjà utilisées dans l'architecture vernaculaire du grand nord. Les toitures sont recouvertes d'une couche de terre herbeuse pour les protéger des grands froids et du vent. De tels procédés sont encore utilisés de nos jours, que ce soit en toiture plate ou en toiture oblique.<sup>88</sup> (Fig. ci-dessus)

## 10 LE CHOIX D'ESPACE A SIMULE

Les utilisateurs de bibliothèque sont assis (immobiles) ce qui nécessite une température d'ambiance élevée, et dans notre cas la bibliothèque est enterrée cela va nous permettre de maitre en évidence l'avantage de l'inertie de la terre.

Tableau 16 Confort d'ambiance du bibliothèque Source : Auteurs

<b>CONFORT D'AMBIANCE</b>	<b>Température 20 à 22°C</b>	<b>Vitesse de l'air De l'ordre de 0,1 m/s</b>	<b>L'hygrométrie 20% à 80%</b>
-------------------------------	----------------------------------	---	------------------------------------

<sup>87</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 78a

<sup>88</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 78a

## 10.1 La simulation

### 10.2 Les programmes de simulations

Les programmes de simulations peuvent se classer en deux familles : <sup>89</sup>

#### 10.2.1 Les programmes statiques

Les programmes statiques ou stationnaires déterminent des quantités (températures, flux, consommations, etc.) indépendamment du temps. Ces programmes permettent d'apporter une réponse aux questions que se pose le concepteur : consommation annuelle prévisible pour un cas de figure donné ? Puissance de chaudière à installer ? Température de paroi d'une pièce dans des conditions de températures intérieure et extérieure données ? Risque de condensation ?

Ces programmes calculent les équations d'échange de chaleur à partir de valeurs moyennes, comme si les phénomènes de transfert de la chaleur n'étaient pas influencés par la dynamique climatique (cycle jour/nuit, cycle saisonnier, etc.).

#### 10.2.2 Les programmes dynamiques

Les programmes dynamiques, quant à eux, permettent une véritable simulation de conditions météorologiques, heure par heure, que ce soit une année type ou une période donnée. La réponse du bâtiment (température de l'air ambiant, etc.) est également enregistrée de manière dynamique. Il est donc possible de déterminer dans quelles conditions et à quel moment une situation de confort ou d'inconfort peut se produire. Ces programmes sont particulièrement utiles pour mieux comprendre le comportement des structures en thermique du bâtiment.

#### 10.2.3 Autodesk Ecotect analysis

Le logiciel ECOTECT a été créé dans le but de démontrer certaines idées présentées dans la thèse du docteur Andrew MARSH à l'École d'Architecture et des Beaux-arts à l'Université de l'Australie.

Logiciel de simulation complet qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. ECOTECT a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design.<sup>90</sup>

---

<sup>89</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 50a

<sup>90</sup> Ines-solaire.com

### 10.3 La phase de simulation

Pour vérifier l'efficacité de l'inertie du sol, on doit fixer tous les paramètres influant sur le transfert thermique entre l'extérieur et l'intérieur de l'enveloppe (type des murs, types des dalles), ainsi que le volume doit être fixe. Le seul paramètre variable c'est l'emplacement de la zone a simulée (Bibliothèque), un cas élevé sur le niveau de sol ; et l'autre cas enterré.

Les plancher sont ordinaire, en corps creux.

Les murs sont en béton de structure, qui joue le rôle de soutènement, et sans isolation pour permettre l'échange thermique avec le sol.

On simule deux jours les plus contraignants de l'année dans la ville de Djelfa, le jour le plus froid où la température atteint ( $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), et le jour le plus chaud où la température atteint ( $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

#### 10.3.1 Cas initial

La zone a simulé est sûr élevée du sol. Comme le montre la figure (5 :1) ci-dessous.

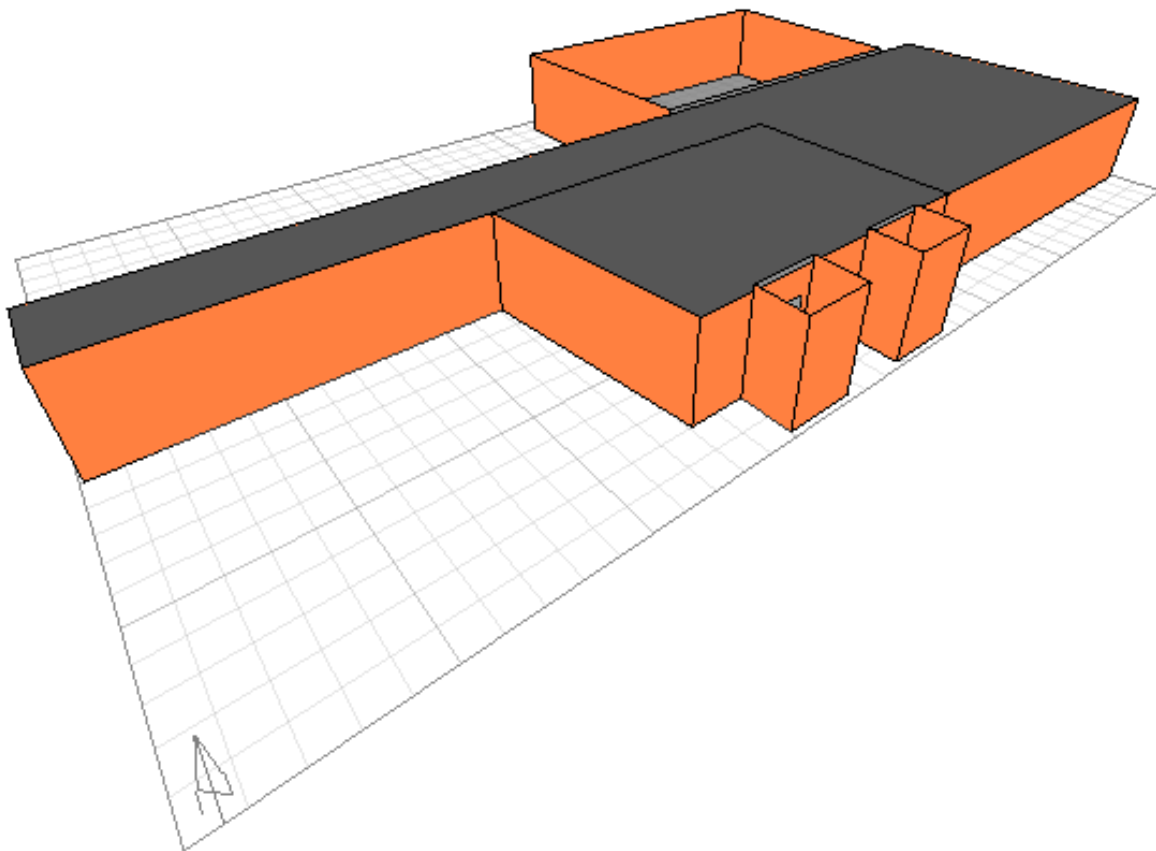


Figure 10:1 La volumétrie Sur élevée du sol Source : Autodesk Ecotect Analysis

### 10.3.1.1 Cas initial hiver (15 janvier)

La température de l'aire simulée à l'intérieur du Bibliothèque varie entre 1°C et 5°C avec un écart de 7°C par apport à l'extérieur. Comme le montre la figure 5 :2. Ou la Ta est représentée en rouge et un trait gras et la Te est représentée en bleu avec un trait discontinue.

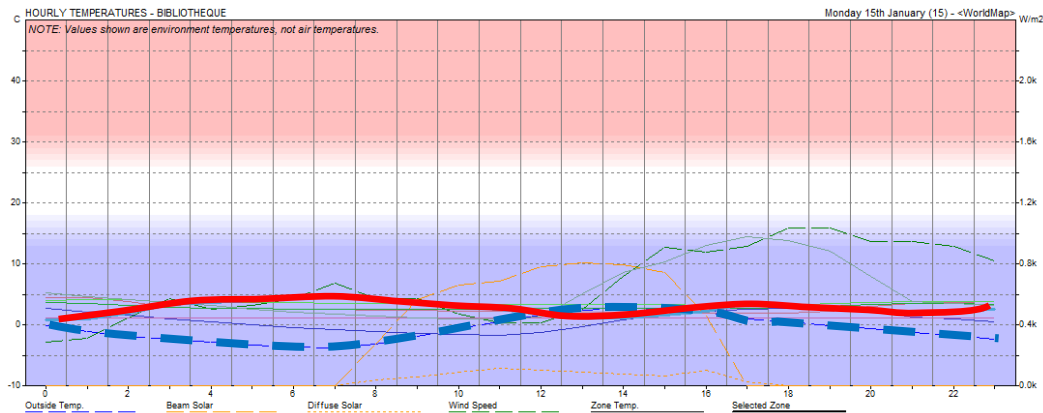


Figure 10:2 Résultats d'analyse (Hiver cas Initial) Source : Autodesk Ecotect Analysis

Et on remarque de grand fluctuation de la Ta ils sont dus à l'écart de température et dus aux apports solaires.

### 10.3.1.2 Cas été initial (21 juillet)

La température de l'aire simulée à l'intérieur du Bibliothèque varie entre 27°C et 33°C avec un écart de 6°C par apport à l'extérieur. Comme le montre la figure 5 :3. Ou la Ta est représentée en rouge et un trait gras et la Te est représentée en bleu foncé avec un trait

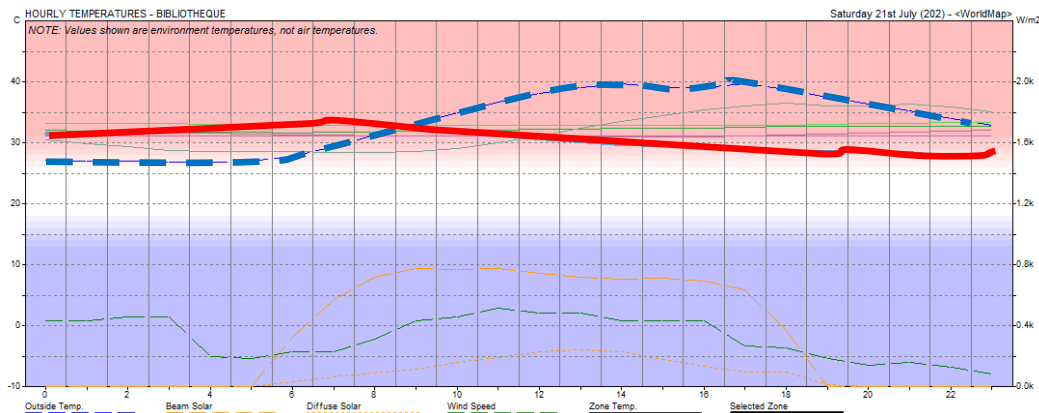


Figure 10:3 Résultats d'analyse (été cas Initial) Source : Autodesk Ecotect Analysis

discontinue.

On remarque que Ta est plus tout stable car les murs sont inertes.

### 10.3.1.3 Cas amélioré

La zone a simulé est enterrée dans le sol. Comme le montre la figure (5 :1) ci-dessous.

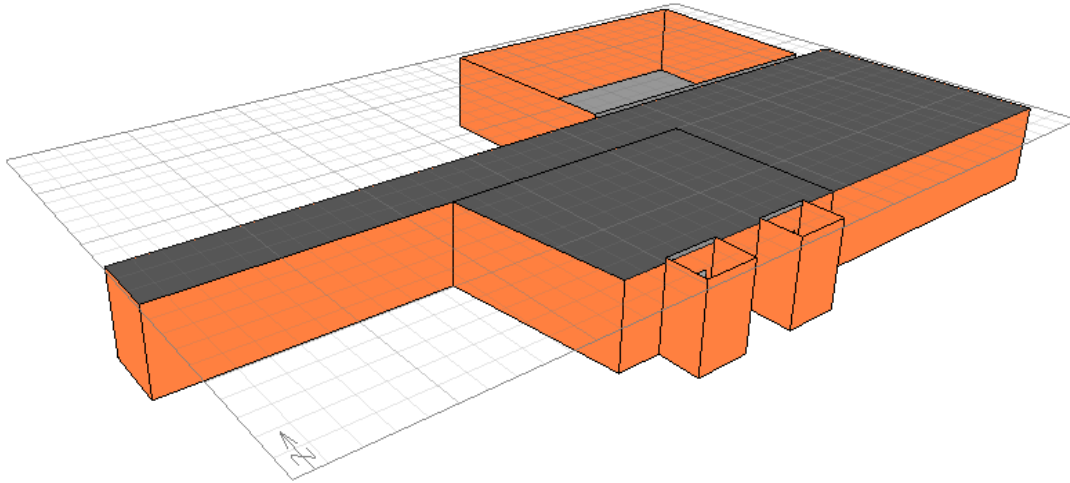


Figure 10:4 La volumétrie enterrée dans le sol Source : Autodesk Ecotect Analysis

### 10.3.1.4 Cas amélioré hiver (15 janvier)

La température de l'aire simulée à l'intérieur du Bibliothèque est stable dans 10°C avec un écart de 8°C à 14°C par rapport à l'extérieur. Comme le montre la figure 5 :5. Ou la Ta est représentée en rouge et un trait gras et la Te est représentée en bleu foncé avec un trait

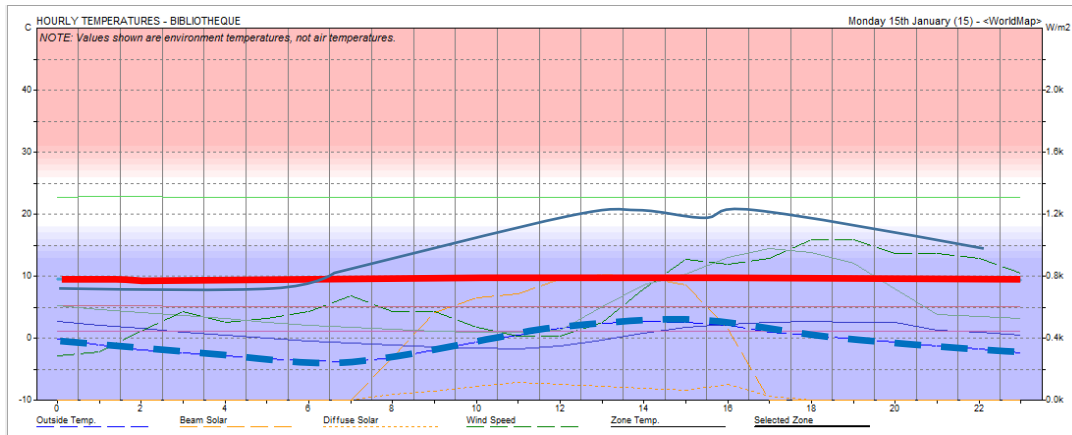


Figure 10:5 Résultats d'analyse (Hiver cas Amélioré) Source : Autodesk Ecotect Analysis

discontinue.

On remarque que la Ta est stable grâce à l'inertie du sol.

### 10.3.1.5 Cas amélioré été (21 juillet)

La température de l'aire simulée à l'intérieur du Bibliothèque est stable dans 32.5°C avec un écart de 6°C de moins par rapport à l'extérieur et de 7.5°C de plus que la Te. Comme le montre la figure 5 :5. Ou la Ta est représentée en rouge et un trait gras et la Te est représentée en bleu avec un trait discontinue.

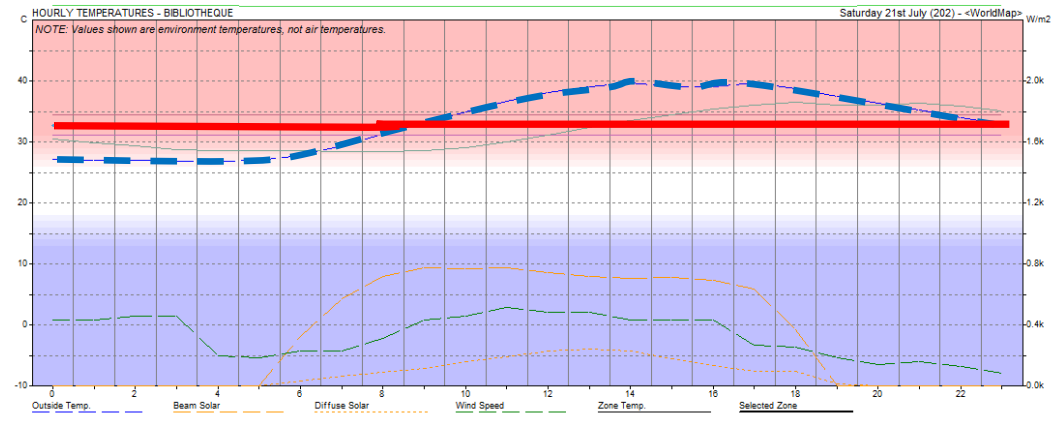


Figure 10:6 Résultats d'analyse (Hiver cas Amélioré) Source : Autodesk Ecotect Analysis

On remarque que la Ta est aussi stable par rapport a le cas initial.

### 10.3.1.6 Synthèse

Le gain maximal dans le cas hiver est de 14°C durant la période la plus froide de l'année, et un gain minimal de 7.5°C, alors une moyenne de 10.5°C. Dans le cas été la Ta est de 32.5°C, 6°C de moins par rapport à l'extérieur, et 7.5°C de plus par rapport à l'extérieur.

L'inertie du sol nous a permet un gain moyen de 10°C dans la période la plus froide de l'année dans la ville de Djelfa, il manque que 7°C pour atteindre la zone de confort.

La Ta manque de 5°C pour atteindre le confort de l'été

## 11 CONCLUSION

Le climat de la ville de Djelfa est caractériser une longue période de 9/12 mois de froid, et l'inertie du sol nous a permis un gain de 10°C par rapport à l'extérieur, dans la journée la plus froide de l'année, ce qui est considérable pour une stratégie passive.

Les résultats satisfaisants de la simulation de la bibliothèque, nous permettent de généraliser les résultats sur les espaces enterrés de notre projet.

Certes la zone de confort n'a pas été atteinte, mais en contant les apports internes peut rapprocher un peu

1.1.1.2

## L'impact du

Light shelves sur le confort  
visuel dans CLS Djelfa

Par

Ben namia

Seif eddine

## 12 INTRODUCTION :

Pour des raisons du confort thermique. Nous avons opté pour inertie du sol, une grande partie de notre projet est enterré pour bénéficier des avantages de l'inertie du sol vue la grande période de froid de la ville de Djelfa ; certes cette technique a un impact positif sur le confort thermique ; mais ça peut être posé un problème au niveau du confort visuel

C'est pour cela nous avons essayé de trouver des solutions passive pour essayer d'améliorer le niveau du confort visuel dans la salle de lecture dans le CLS

Est-ce que l'usage de light shelves peut améliorer le niveau du confort dans la salle de lecture dans le CLS

## 13 DEFINITIONS

### 13.1 Le confort visuel

Le confort visuel a une forte influence sur l'individu tant au niveau physiologique que psychologique. Le confort visuel a plusieurs définitions : c'est une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur ou bien un éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques ; il peut être aussi un éclairage artificiel satisfaisant et un appoint à l'éclairage naturel. De façon générale, le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la qualité et à la distribution de la lumière et représente sa satisfaction devant l'environnement visuel qui nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue

L'œil est indubitablement une merveille de "technologie naturelle" capable de s'adapter aux conditions extrêmes qui règne sur notre planète, mais, naturellement, a ses limites au niveau adaptation et accommodation ; ce qui consiste les limites du confort visuel.

Le confort visuel est, non seulement une notion, objective faisant appel à des paramètres quantifiables et mesurables, mais aussi à une part de subjectivité liée à un état de bien-être visuel dans un environnement défini

Le confort visuel dépend à la fois :

- De **paramètres physiques** comme l'éclairement, la luminance, ... ;
- De **caractéristiques liées à un environnement** interne, externe, ... ;
- De caractéristiques propres à la tâche à réaliser comme la lecture, le travail de bureau, la manutention de marchandises, ...
- De **facteurs physiologiques** tels que l'âge, ... ;
- De **facteurs psychologiques et sociologiques** comme la culture, l'éducation,

### 13.1.1 Paramètres physiques

La luminance, l'éclairage, l'éblouissement et les contrastes sont les plus perceptibles par l'Homme et les représentatifs du confort visuel. À ces paramètres, on associe des valeurs qui garantissent le bon déroulement d'une tâche sans fatigue ni risque d'accident :

### 13.1.2 Caractéristiques propres à l'environnement

La volumétrie d'un local et les propriétés des parois influencent la qualité de la répartition du flux lumineux

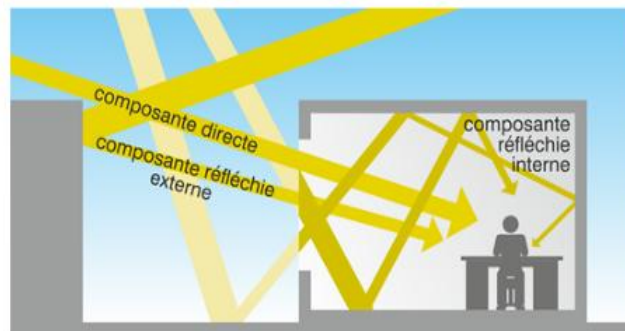


Figure 13:1 les composant direct et indirect de l'éclairage naturel

Au niveau de la composante naturelle, on distingue :

- La composante directe issue sans réflexion du soleil ou du ciel de manière générale (réflexion du rayonnement solaire sur la couche nuageuse) ;
- La composante indirecte réfléchie par des éléments externes comme une surface vitrée d'un immeuble voisin ;
- La composante indirecte interne issue de la réflexion des deux composantes externes sur les parois interne

Au niveau de la composante artificielle d'un luminaire, on distingue aussi :

- La composante directe depuis le luminaire sur le plan de travail ;
- Et la composante indirecte résultant des réflexions multiples sur les parois internes du local c

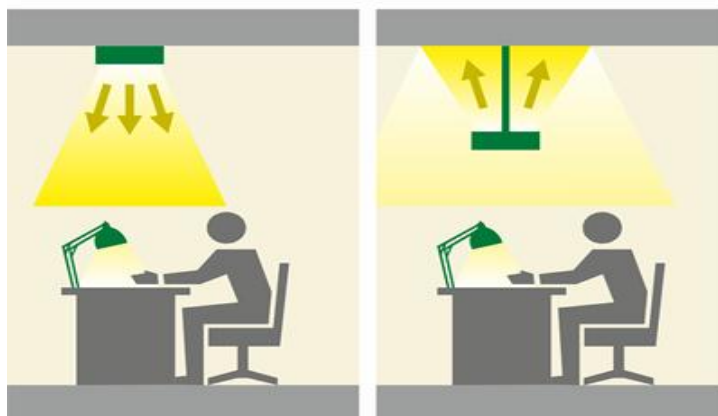


Figure 13:2 les composante artificiel de la lumière  
source: <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=17233#c20937713>

### 13.1.3 Caractéristiques propres à la tâche à accomplir

Pratiquement chaque tâche nécessite un niveau d'éclairage différent. On distinguera les tâches de précision, les tâches liées à un objet en mouvement, ... À noter que plus les contrastes sont faibles plus le niveau d'éclairage doit être important. Mais jusqu'à un certain point ! En effet, un sur éclairage d'une tâche devient aussi inconfortable.

L'éclairage artificiel devra fournir une lumière de qualité en termes de rendu de couleur (Ra) de manière à se rapprocher le plus possible de la lumière naturelle (Ra a un indice 100 pour la lumière naturelle).

### 13.1.4 Facteurs physiologiques

Nous ne sommes pas égaux devant le confort visuel. Les couleurs ne sont pas perçues de la même manière d'un individu à l'autre. Aussi, les capacités visuelles sont fonction de l'âge des personnes : dans une maison de retraite, par exemple, une lumière plus blanche (Rendu de couleur élevé) permettra plus facilement d'assurer le confort visuel des personnes âgées.

## 14 FACTEURS PSYCHOLOGIQUES

Le besoin de lumière se fait souvent ressentir dans les pays scandinaves par exemple. Consciemment ou inconsciemment, les peuplades du nord compensent souvent le manque de lumière et l'uniformité de l'environnement (neige uniforme partout) par des couleurs vives au niveau des maisons.

## 15 LES CARACTERISTIQUES DE BASE DU CONFORT VISUEL

### 15.1 Le niveau d'éclairage :

La quantité de lumière est caractérisée par le niveau d'éclairage exprimé en lux (lx).



Figure 15: l'éclairage  
source: <https://www.energieplus->

20 lux représentent le seuil de perception ; les autres valeurs usuelles (et recommandées dans les normes) sont généralement séparées par un facteur approximatif de 1.5 et représentant la plus petite différence significative entre deux niveaux d'éclairage.<sup>91</sup>

20 30 50 75 100 150 200 300 500 750 1 000 1 500 2 000 3 000 5 000

Eclairage recommandé (en lx)	zone de travail ou activités
20 -30 -50	Circulation extérieure, zones de travail
50 -100 -150	Circulation, orientation, visites
100- 150 -200	Pièces à usage temporaire pour travail
200- 300- 500	Tâches avec exigences visuelles simples
300- 500- 750	Tâches avec exigences visuelles moyennes
500 – 750- 1000	Tâches avec exigences visuelles élevées
750 - 1000 -1500	Tâches avec exigences visuelles difficiles
1000 - 1500 -2000	Tâches avec exigences visuelles spéciales
> 2000	Performances dans des tâches très méticuleuses

Tableau 14 Recommandations d'éclairage pour différentes zones ou activités  
Source: <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420151/document>

### Niveau d'éclairage

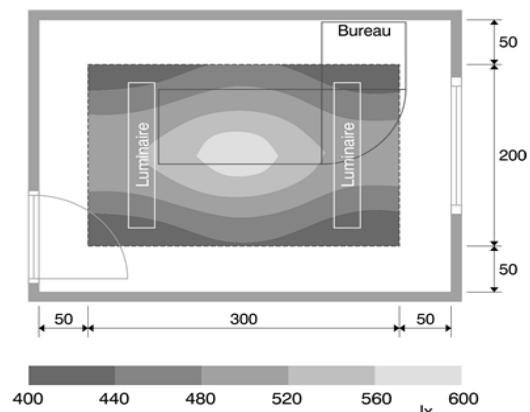
On distingue trois types de niveaux d'éclairage

- **E min** étant le niveau d'éclairage minimum sur un point de la grille
- **E max**, le niveau d'éclairage maximum sur un point de la grille
- **E moyen**, la moyenne de tous les niveaux d'éclairage des points de la grille.

92

<sup>91</sup> <https://www.energieplus-lesite.be>

<sup>92</sup> <https://www.energieplus-lesite.be>



15

Figure 15:2 courbe de trois niveaux d'éclairage

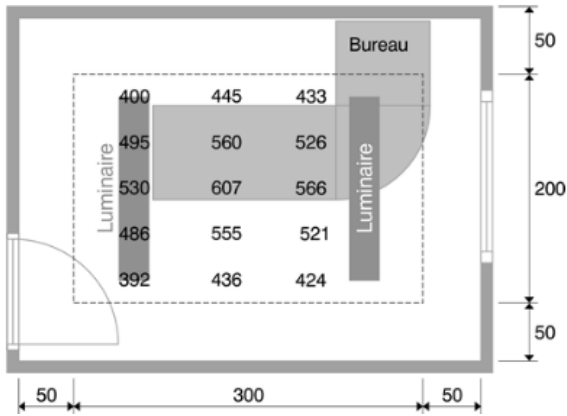


Figure 15:3 niveau d'éclairage  
 source : <https://www.energieplus-lesite.be>

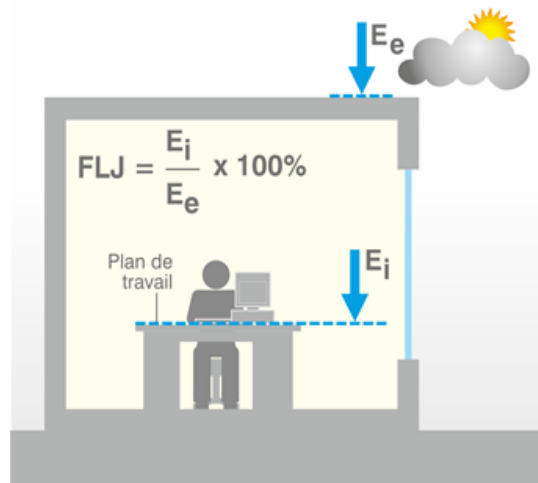


Figure 15:4 facture du lumière de jour  
 source : : <https://www.energieplus-lesite.be> .

## 15.2 Le facteur de lumière du jour

En éclairage naturel, l'exigence d'éclairage peut se traduire en valeur de "facteur de lumière du jour" (FLJ).

Ce facteur est le rapport de l'éclairage naturel intérieur reçu en un point (**généralement le plan de travail ou le niveau du sol**) à l'éclairage extérieur simultané sur une surface horizontale, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en %.

Le **tableau ci-dessous** explique l'exigences ou bien les valeurs qui nous permette a connais es que faible ou tres elves

FLJ	- de 1 %	1 à 2 %	2 à 4 %	4 à 7 %	7 à 12 %	+ de 12 %
	Très faible	Faible	Modéré	Moyen	Élevé	Très élevé
<b>Zone considérée</b>	Zone éloignée des fenêtres (distance environ 3 à 4 fois la hauteur de la fenêtre)			A proximité des fenêtres ou sous des lanternes		
<b>Impression de clarté</b>	Sombre à peu éclairé		Peu éclairé à clair		Clair à très clair	
<b>Impression visuelle du local</b>	Cette zone ..... semble être séparée ..... de cette zone					
<b>Ambiance</b>	Le local semble être refermé sur lui-même			Le local s'ouvre vers l'extérieur		
<b>Confort de travail</b>	non adapté pour un travail permanent		adapté à moins de 50 % des heures de travail		adapté à plus de 50 % des heures de travail mais risques d'éblouissement	

Tableau 18 les valeurs de FLJ et ses exigences de travail  
Source : Letten / Bureau européen des Unions Locales

Exemple.

Supposons un local de 4 m (largeur) x 5 m (profondeur) x 3 m (hauteur). La surface vitrée est de 3 m sur 1,5 m. **la figure ci-dessous**

$$S_f = 0,9 \times 3 \times 1,5 = 4,05$$

- $TL = 0,75 \times 0,9 = 0,675$
- $a = 90^\circ$
- $St = 2 \times (4 \times 3 + 4 \times 5 + 3 \times 5) = 94$
- $R = 0,5$

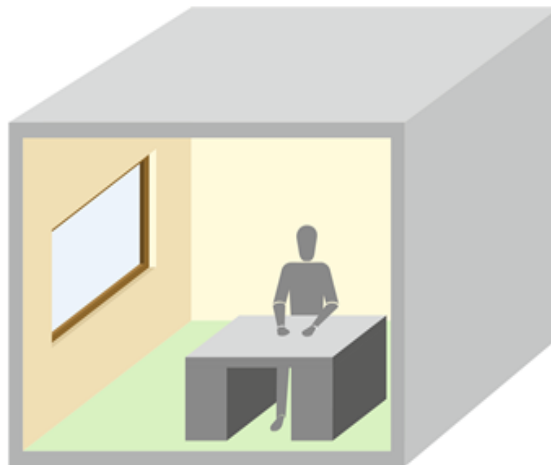


Figure 15:5 un local avec une surface vitré

## 16 SOLUTIONS ET PRINCIPES :

La stratégie de l'éclairage naturel vise à mieux capter et faire pénétrer la lumière naturelle, puis à mieux la répartir et la focaliser. On veillera également à contrôler la lumière pour éviter l'inconfort visuel.

L'utilisation intelligente de la lumière naturelle permet de réduire la consommation électrique consacrée à l'éclairage,

### 16.1 Capter

Une partie de la lumière du jour est transmise par les vitrages à l'intérieur du bâtiment, La quantité de lumière captée dans un local dépend de la nature et du type de paroi vitrée, de sa rugosité, de son épaisseur et de son état de propreté

### 16.2 Pénétrer :

La pénétration de la lumière dans un bâtiment produit des effets de lumière très différents non seulement suivant les conditions extérieures (type de ciel, trouble atmosphérique, saison, heure du jour et dégagement du site) mais aussi en fonction de l'emplacement, l'orientation, l'inclinaison, la taille et le type des vitrages. L'éclairage latéral fournit une lumière dirigée, qui souligne généralement le relief, mais limitée en profondeur,

Contrairement à l'éclairage zénithal qui est beaucoup plus uniforme, mais possible qu'au dernier niveau des bâtiments.

### 16.3 Répartir :

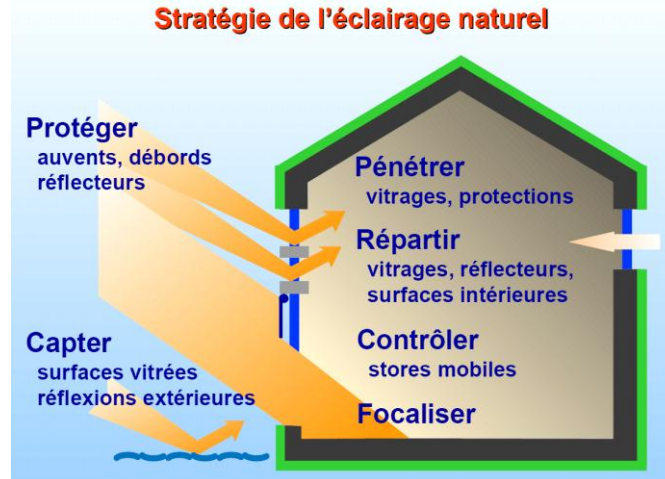


Figure 16:1 stratégie de l'éclairage n  
source :

Distribuer/Répartir: La difficulté d'utilisation de la lumière naturelle par rapport à la lumière artificielle réside dans la grande inhomogénéité des éclairagements qu'elle induit en général. La répartition de la lumière représente un facteur clé pour assurer un bon éclairage. La distribution de la lumière naturelle vise, selon les cas, la répartition uniforme de cette lumière dans le local (grâce à la géométrie du local, à la couleur claire des parois, à la largeur des baies vitrées) ou, au contraire, la focalisation de la lumière en un point particulier, en jouant sur le type

de distribution lumineuse, la répartition des ouvertures, l'agencement des parois intérieures, le matériau des surfaces du local, les zones et les systèmes de distribution lumineuse.

La lumière se réfléchit d'autant mieux sur l'ensemble des surfaces intérieures des locaux que le rayonnement ne rencontre pas de surfaces dues à la géométrie du local ou au mobilier, et que les revêtements des surfaces sont mats et clairs.

Cette répartition peut être favorisée par différentes approches basées sur : Le type de distribution lumineuse (direct, indirecte), La répartition des ouvertures, L'agencement des parois intérieures

Le matériau des surfaces du local Les zones de distribution lumineuse Les systèmes de distribution lumineuse

## 16.4 - Focaliser :

Il est parfois nécessaire de focaliser l'apport de lumière naturelle pour mettre en valeur un lieu ou un objet particulier. Un éclairage zénithal - ou latéral haut - crée un contraste lumineux important avec l'éclairage d'ambiance, mais puissant. Un atrium au centre d'un bâtiment permet aussi à la lumière du jour de mieux pénétrer dans le bâtiment tout en créant un espace de circulation et de repos attrayant.

## 17 ESPACE CHOISIE

### Justification de choix de la salle de lecture :

L'activité de lecture exige un éclairage spécial et étudier pour assurer un confort visuel optimale pour les usages

Leur importance dans le projet sur le plan (fonctionnement, superficie)

### 17.1 Présentation de la salle de lecture pour la simulation :

Surface : 130 m<sup>2</sup> Hauteur sous plafond : 3.50 m

Type des ouvertures : mur rideau Surface cumulée des ouvertures : 9.00 m<sup>2</sup>

Type d'éclairage : Eclairage latéral

Orientation

EST

Nombre

des ouvertures :

d'occupants : 20

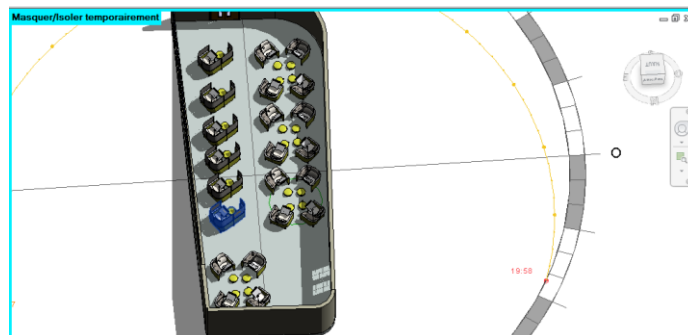


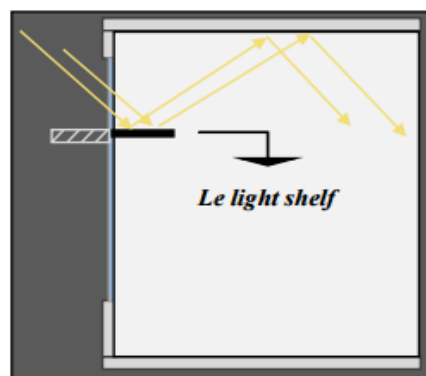
Figure 17:1 salle de lecture choisie source : auteur

## 17.2 Les caractéristiques du système light shelves

Un light shelf **Figure** est un auvent dont la surface supérieure est réfléchissante qui se situe au niveau de la fenêtre, utilisé aussi bien pour canaliser passivement l'éclairage naturel dans un espace et pour fournir de l'ombre.

La lumière du soleil est réfléchiée par la surface supérieure du light shelf vers l'intérieur de local et en particulier vers le plafond qui fournit une lumière diffuse supplémentaire qui donne un éclairage uniforme et permet également la pénétration de la lumière profondément, ce qui réduit le besoin d'éclairage artificiel.

Le light shelf est un dispositif simple qui doit être combiné avec d'autres dispositifs pour éviter les problèmes d'éblouissement qui sont dus à la pénétration directe de la lumière dans la partie inférieure de la fenêtre



### 17.2.1 Effet de la hauteur de la partie supérieure de

Pour que

efficacement, il doit être installé au moins à 2 m **Figure 1-3** au sol. Si le light shelf se trouve en haut et si la hauteur de la partie supérieure de la fenêtre est grande, le light shelf peut fournir une pénétration plus profonde de la lumière naturelle dans le local tout en ombrant la fenêtre. Ceci est parce que le système peut jeter tout les rayons directs du soleil vers l'intérieur du local. Ainsi, grâce à ce système, la profondeur de la zone intérieure peut s'étendre sur une distance de 3 mètres à 7 mètres de la fenêtre. La figure montre que la lumière naturelle captée par le light shelf se distribue plus profondément dans le local dans le cas où le light shelf est placé le plus haut possible dans la fenêtre

### hauteur de la partie la fenêtre

l'étagère de lumière fonctionne

Figure 17:2 Le système light shelf la réflexion de la lumière permet de pénétrer la lumière

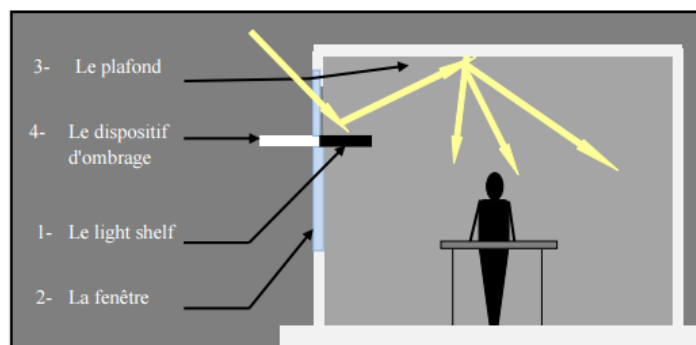


Figure 17:3 les composantes de light shelf

Le light shelf est une surface horizontale composée de deux parties, la première se trouve à l'intérieur et apparaît comme un plateau éclairé ; la deuxième est à l'extérieur et joue le rôle d'ombrage (cette partie peut être exclue dans certaines régions). Ce système est inséré dans un cadre de fenêtre le divisant en deux parties : supérieure et inférieure.

La partie inférieure occupe la plus grande surface vitrée de la fenêtre alors que la partie supérieure est celle qui redirige la lumière et la fait pénétrer à l'intérieur du local par le plafond. Ce système d'éclairage a besoin de quatre composantes essentielles pour qu'il puisse jouer son rôle parfaitement. Ces éléments peuvent être installés à l'intérieur ou à l'extérieur selon le besoin d'éclairage du local.

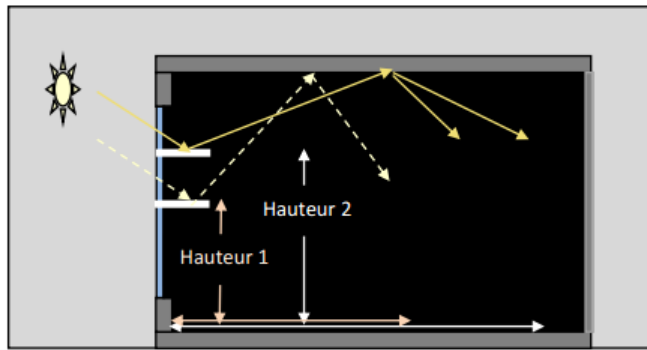


Figure 17:4 le light shelves doublée

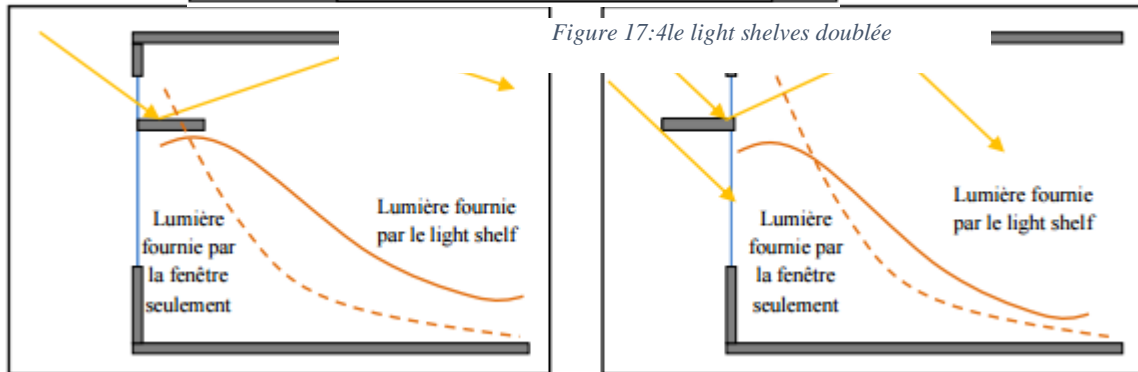


Figure 17:5 la différence entre light shelf à l'intérieur et à l'extérieur qu'il pénètre l'éclairage en risque de l'éblouissement par contre à l'extérieur

Le light shelf qui est placé à l'intérieur offre un ombrage pour la partie vitrée qui se trouve au dessous de l'étagère, augmentant ainsi la pénétration de la lumière dans le local. Par contre, le light shelf extérieur est plus efficace en fournissant de l'ombre à l'intérieur tout en reflétant moins de lumière vers l'arrière de la salle

## 18 LA SIMULATION

Les logiciels de simulation informatique de l'éclairage ont connu et connaissent encore une évolution très rapide. Ces outils de modélisation numérique permettent de réaliser une géométrie en 3D des espaces et des objets, d'introduire différentes sources et de calculer ensuite la distribution de la lumière. Les logiciels les plus performants offrent également la possibilité de rendre des impressions visuelles photo réalistes. Grâce à l'intégration du calcul de l'éclairage artificiel et naturel, il est possible de réaliser, dès la phase de conception

### 18.1 Les logiciels de simulation

Par le terme logiciel de simulation du comportement dynamique des bâtiments, on entend un programme qui calcule, pour certains intervalles de temps, toutes les grandeurs déterminantes du bilan énergétique. Pour qu'on puisse parler de dynamique, il faut que cet intervalle de temps soit généralement inférieur à 1 heure. Les méthodes de calcul du bilan énergétique sont aussi nombreuses que compliquées, Selon la manière dont elles traitent numériquement la dynamique du bâtiment, on peut les classer en deux grandes familles : les méthodes par corrélation et les méthodes par simulation.<sup>93</sup>

### 18.2 BIM

La technologie BIM (Building Information Modeling) est un processus qui implique la création et l'utilisation d'un modèle 3D intelligent pour prendre de meilleures décisions concernant un projet et les communiquer. Les solutions BIM d'Autodesk permettent aux équipes de concevoir, visualiser, simuler et collaborer plus facilement tout au long du cycle de vie du projet. La technologie BIM permet d'atteindre plus facilement les objectifs d'un projet et de l'entreprise.<sup>94</sup>

### 18.3 Revit architecture

Le logiciel d'Architecture et de conception de bâtiments Revit® a été conçu spécifiquement pour la modélisation des informations du bâtiment (technologie BIM) et comprend notamment des fonctionnalités pour la conception architecturale, l'ingénierie MEP, l'ingénierie structure et la construction.<sup>95</sup>

### 18.4 Autodesk Insight 360

Autodesk Revit 2017 inclut l'accès à Autodesk Insight 360 dans le cadre de votre abonnement Revit. Insight 360 fournit aux utilisateurs de Revit un guide intuitif axé sur les

---

<sup>93</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 81a

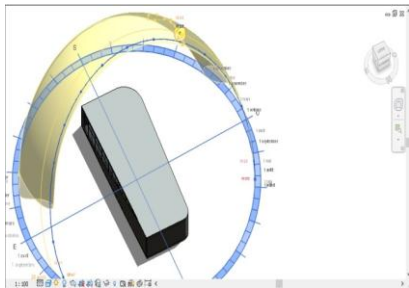
<sup>94</sup> <https://www.autodesk.fr>

<sup>95</sup> <http://www.prodware-innovation-design.fr>

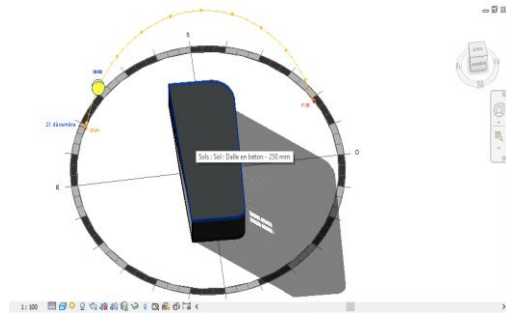
résultats pour une meilleure performance énergétique et environnementale tout au long du cycle de vie du bâtiment.<sup>96</sup>

## 18.5 RADIANCE 2.0

Radiance est l'un des outils les plus précis pour simuler la disponibilité de la lumière naturelle selon une date et une heure données, utilisé par les architectes et les ingénieurs de prédire l'éclairage, autant au niveau des résultats numériques qu'il fournit qu'au réalisme des images qu'il peut générer



**19  
INITIAL**



**CAS**

Figure 19:2 L'ombre portée par le projet 21 déc. à 15h

Figure 19:1 L'ombre portée par le projet 21 déc. à 09h

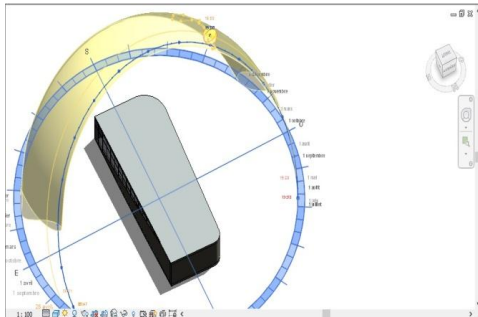


Figure 19:4 L'ombre portée par le projet 21 juin. à 15h  
Source : auteur

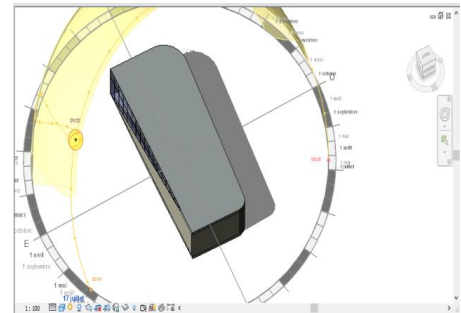


Figure 19:3: L'ombre portée par le projet 21 juin. à 09h  
Source : auteur

### 19.1 Période de simulation :

L'étude d'éclairage naturel se fait à 09h jus qua 17 :00 (les heures de pointe suivant le logiciel revit insight ; fourni la moyen d'éclairément. durant la journée la plus courte de l'année

#### 19.1.1 Cas initial 21 décembre :

<sup>96</sup> <https://insight360.autodesk.com>

## Du 9h – 15h

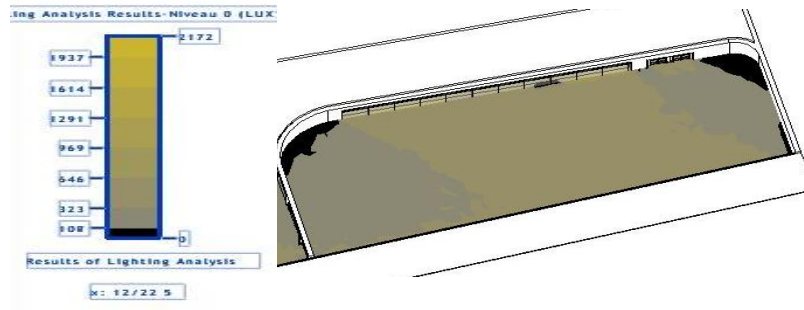


Figure 19:5 L'éclairage en 21 décembre depuis insight source :  
auteur

Dans la journée la plus courte de l'année l'éclairage est insuffisant dans les extrémités de la salle de lecture 0- 100 lux et au centre de l'espace l'éclairage varie entre 108-646 lux

Etat de ciel	Eclairage min (Lux)	Eclairage moye (Lux)	Eclairage max (Lux)	FLJ moyen (%)	Indice d'uniformité (IU)
Couvert	90	484	278	5.02	0.18
Dégagé	292.6	2806.3	5320	/	0.10



Figure 19:6 rendu de l'éclairage avec RADIANCE 2.0  
9h

## 19.2 Le cas initial 21 juin :

## Du 9h – 15h

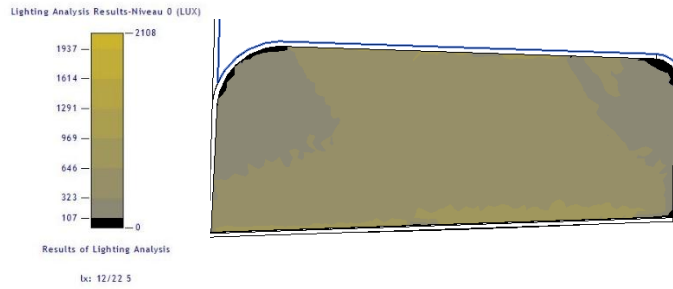


Figure 19:7 l'éclaircissement du 21 juin  
source : auteur

Dans la journée la plus longue de l'année l'éclaircissement est insuffisant dans les extrémités de l'espace 0-100 et au milieu entre 100- 450 Comme l'éclaircissement est faible dans les deux journée 21 décembre ; 21 juin ; on opte pour le procédé du light shelves ; afin d'augmenter le niveau d'éclaircissement par la diffusion de ce dernier

Etat de ciel	Eclaircissement min (Lux)	Eclaircissement moye (Lux)	Eclaircissement max (Lux)	FLJ moyen (%)	Indice d'uniformité (IU)
Couvert	108	377	1291	5.02	0.62
Dégaagé	375.9	656.07	1431.4	4.4	0.57



Figure 19:9 rendu d'éclaircissement par RADIANCE 2.0 au 15H ciel couvert

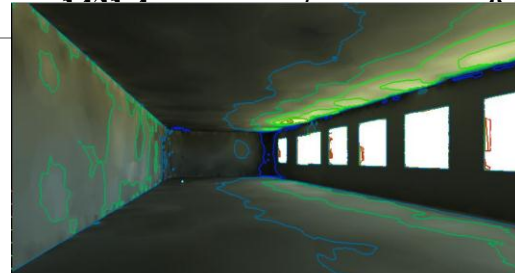


Figure 19:9 rendu d'éclaircissement courbe iso par RADIANCE ciel couvert

### 19.3 2-Cas amélioré

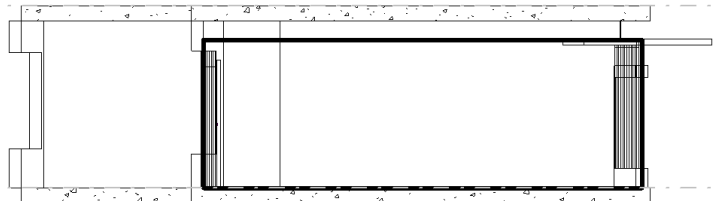
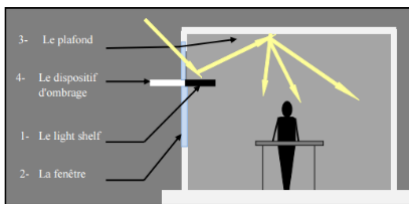


Figure 19:10 coupe de light shelves source : auteur

## Utilisation du light shelves

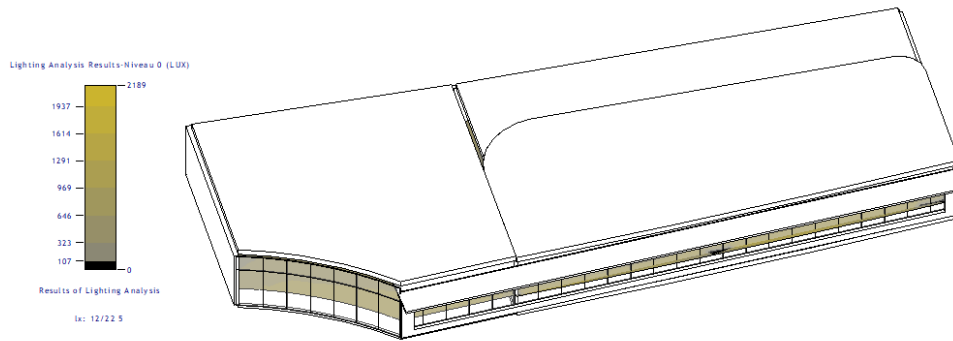


Figure 19:11 l'espace après l'adaptation de light shelves

### 19.3.1 cas

amélioré  
le 21  
décembre :

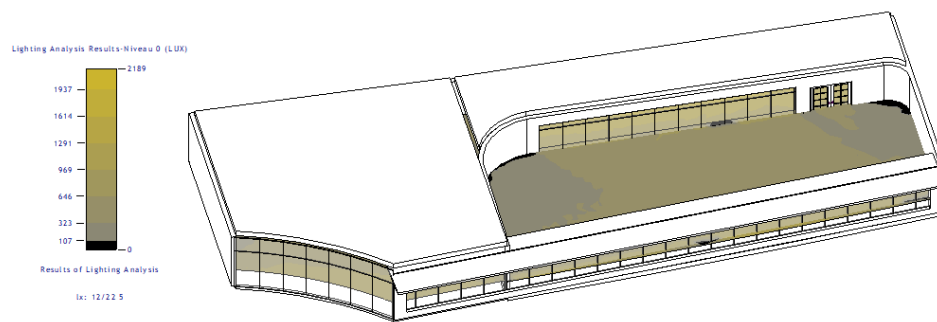


Figure 19:12 cas amélioré 21 décembre

Du 9h – 15h

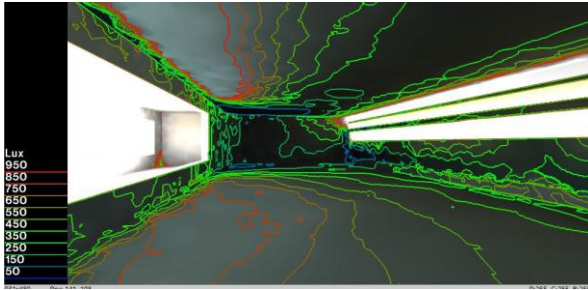


Figure 19:14 l'éclairage après l'amélioration courbe iso la journée le plus courte Radiance

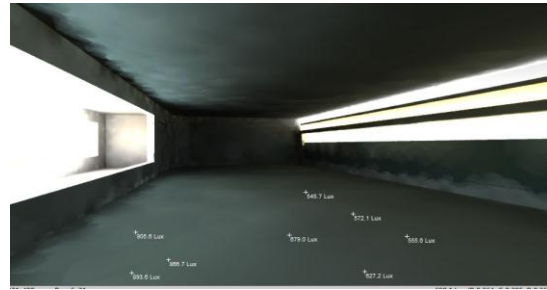


Figure 19:13 l'éclairage après l'amélioration

Dans la journée la plus courte de l'année l'éclairage est diffusé par apport au cas initial et entre 107-223 lux et 323- 650 lux

Remarque : l'espace a besoin du point lumineux pour assurer tout le confort

Etat de ciel	Eclairage min (Lux)	Eclairage moye (Lux)	Eclairage max (Lux)	FLJ moyen (%)	Indice d'uniformité (IU)
Couvert	350	515.41	1200	6.29	0.68
Dégagé	465.8	516.02	712	/	0.90

### 19.4 Le cas amélioré 21 juin :

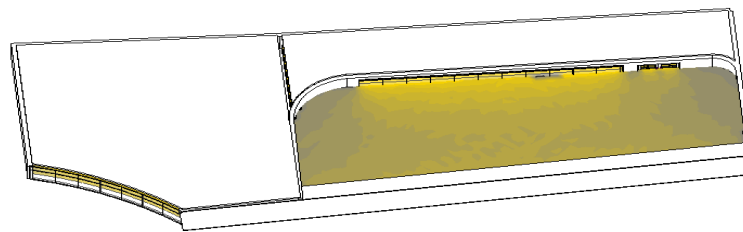
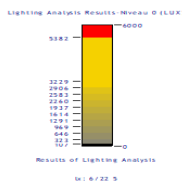


Figure 19:15 cas amélioré 21 juin

Dans la journée la plus longue de l'année l'éclairage est bien diffusée varie entre 323 – 646 lux

Etat de ciel	Eclairage min (Lux)	Eclairage moye (Lux)	Eclairage max (Lux)	FLJ moyen (%)	Indice d'uniformité (IU)
Couvert	450	546.84	1400	6.29	0.82
Dégagé	420.1	592.60	669.7	/	0.71

## 19.4.1 LEED simulation

Pour vérifier l'efficacité de la diffusion de l'éclairage naturel, on a simulé le modèle (s. de lecture) avec les normes du label LEED on obtenu 1/2 pour l'éclairage passif

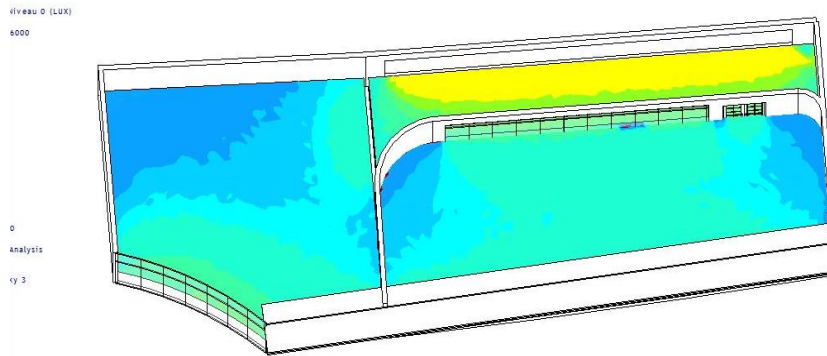


Figure 19-16: Simulation avec labilisation LEED source auteur

Pour la simulation avec label LEED nous avons obtenu 1 point pour l'éclairage naturel

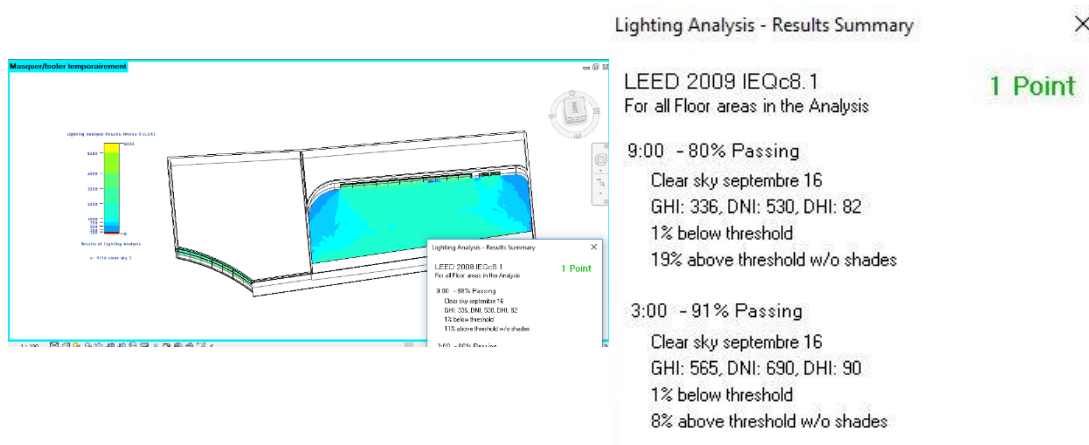


Figure 19-17: le point obtenu dans LEED IEQc8.1

## 19.5 Conclusion

Certes les espaces enterrés sont efficaces pour le confort thermique, mais leur contrainte se réduit dans le confort visuel.

Light shelves est une solution passive pour améliorer le confort visuel, et parfaitement adaptée à les espaces enterrés, qui nécessitent d'accroître l'éclairage. Le système de light

shelves permet à la lumière de pénétrée dans les espaces profonds, jusqu'à 12m de profondeur, et offre un éclairage parfait et répartie, ce qui assure le confort visuel dans la salle de lecture.

En assurant le confort visuel passivement, on contribue à la diminution de la consommation énergétique ; donc on participe au développement durable. L'usage des light shelves nous a permis d'obtenir un point (1/2) sur l'éclairage naturel selon la norme du label LEED.

## **20 CONCLUSION GENERALE**

L'objectif primaire de cette étude, c'est de contribuer aux développement durable par un centre de loisir scientifique qui respecte l'environnement, et avant tout fonctionnel qui peut accueillir les jeunes et contribue à la démocratisation des sciences inaccessible auprès du grand public par la vulgarisation scientifique.

Un centre de loisir bioclimatique à Djelfa qui respect l'environnement en diminuant la consommation énergétique par une conception qui tire profit de son environnement ; enterrée le CLS dans le sol nous a permis de gagner +10°C, ce qui est considérable en terme d'économies d'énergie ; ainsi que le système du light shelves nous a permis d'assurer un confort visuel passivement par l'éclairage naturel, ce qui entre dans le cadre de la diminution de la consommation énergétique.

L'inertie du sol un système passif connue par nos ancêtres, L'architecture enfouie constitue la manière d'habiter qui a coexisté tout au long de l'histoire de l'humanité. Une solution ingénieuse pour les climats froids comme celui de Djelfa. Alors sa demande de réfléchir, peut être que c'est le futur des constructions à Djelfa, donc on a choisi un nœud fort de la ville pour mettre en évidence cette démarche.

## Références bibliographique

### Les livres

ADEM (L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) climat, air et énergie, web édition 2015 page 29/ page 42

Consommation énergétique final de l'Algérie, APRUE (Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie), Ministère de l'Énergie et des Mines, web édition 2014 page 3/ page 13

Dictionnaire de Proverbes et Dictons, le rober édition GILLES FIRMIN 1998, page 9

### Rapport Brundtland

La maison écologique, Louise Ranck, Mai 2009, ÉDITIONS EYROLLES 61, bld Saint-Germain 75240 Paris Cedex 05, Page 5-6

Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Liébard et André De Herde, décembre 2005, Page 31a Page 32a./Page 59a/Page 61b/Page 70a/ Page 77a /Page78a/Page 147a/ Page 148a./Page 185a /Page 187a/ Page 188a

Construction écologique quelques définitions, CAUE de la Martinique Page 1

La maison écologique, Louise Ranck, Mai 2009, Page 6-7

Comment concevoir sa maison bioclimatique, Guide-conseil I Union Régionale des CAUE des Pays-de-la-Loire, Page 2

Manuel d'architecture énergétiquement efficace, Sophie Deruaz architecte urbaniste au CAUE 13, 2008, page 10

Le petit LAROUSSE illustré, 1983. DUBOIS C, rédacteur en chef, librairie Larousse

*Guide* pratique de la culture scientifique et technique des projets de, johanna dderidder, 2005 Page 09

Les infrastructures culturelles dans la municipalité nomenclature, par : Serge Bernier et Pascale Marcotte, université du Québec a trois –rivières, page 04 page 21 page 22

Les éléments de projet de construction. Ernest Neufert. 10 édition. 2009. Page 236

Guide d'équipement et chimie dans les sections d'enseignement professionnel. Édition mai 1998. Page 38/ Page 32

Guide d'équipement pour les laboratoires de technologie au collège. MEN Mais 2013 Page 2  
Guide d'équipement et d'aménagement des laboratoires de technologie. Académie de Toulouse. ME 2012. Page 6

Guide d'équipement des collèges pour les disciplines scientifiques Académie de Bordeaux  
Page 07

## **Les cours**

Cours HQE, Mr Hadjoudja Morad, Département d'architecture, Université Amar Télidji Laghouat, Année universitaire 2016/2017

Cours Stratégies pour un environnement construit durable, Mr Dehina Karim, Département d'architecture –Faculté de technologie Université Amar Télidji – Laghouat, Année universitaire : 2013/2014

Cours Stratégie du chaud / Stratégie du froid (les grand principe), A. Misse, Novembre 2011, ENSAG.

Cours Stratégie du chaud / Stratégie du froid (les grand principe), A. Misse, Novembre 2011, ENSAG.

## **Les sites**

<http://www.archibat.com/blog/observatoire-astronomique-gagne-aia-small-project-award-2017/>

<http://images.math.cnrs.fr/Le-Nombre-d-or.html?lang=fr>.

<http://fracademic.com/dic.nsf/frwiki/1718279>

<http://www.ideesmaison.com/Construction/Grostravaux/Charpentementallique/Charpentementallique.html>

[www.observatoirecentredardenne.be](http://www.observatoirecentredardenne.be)

[https://extranet.who.int/lqsi/sites/default/files/attachedfiles/LQMS%20-2%20to%2024%20Laboratory%20design\\_1.pdf](https://extranet.who.int/lqsi/sites/default/files/attachedfiles/LQMS%20-2%20to%2024%20Laboratory%20design_1.pdf)

<http://www.roycan.com/fr/qu%27est-ce-laboratoire-langue.html>

<http://www.ecohabitation.com/leed/systemes>

<http://www.strasbourg.archi.fr/> ENSA Strasbourg ; conférence de Mathieu Poitevin ; ajouté le 23 fev 2017.

<https://www.allstarmi.com/egress-windows-kalamazoo.php>