



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



Université Amar Telidji- Laghouat

FACULTÉ DE GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE
DÉPARTEMENT D'ARCHITECTURE

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par :

ALOUANI Younes

DOMAINE : Architecture, Urbanisme et Métiers de la Ville

FILIERE : ARCHITECTURE

OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT

Thème

Conception d'une école primaire durable
Multifonctionnelle d'une capacité d'accueil de
210 élèves à la ville de Laghouat

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr : REZZOUG A.E.K	M.A.A	Président
Mme : OUBAID HADJER	M.A.B	Examineur1
Mr : MOULAI REDOUANE	M.A.B	Examineur2
Mme : BOULMERKA ZOUBIDA	M.A.B	Rapporteur
Mme : BAALI SAIDA	M.A.A	Co-rapporteur

Promotion : Juin 2019



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



UNIVERSITE AMAR THELIDJI LAGHOUAT
FACULE D'ARCHITECTURE ET DE GENIE CIVIL
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

FILIERE : ARCHITECTURE

DOMAINE : architecture, urbanisme et métiers de la Ville

OPTION : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT

THEME : conception d'une école primaire durable multifonctionnelle à la ville de Laghouat

Présenté par :

- **ALOUANI younes**

Encadré par :

- **Mme. BOULMERKA ZOUBIDA**
- **Mme. BAALI SAAIDA**

Résumé :

Le concept de la durabilité est une nécessité dans l'optique d'obtenir une construction économique et confortable. Actuellement la dimension Environnementale (la conception durable) prend de l'ampleur du fait qu'elle permet d'obtenir un bâtiment confortable et de minimiser les impacts néfastes de l'acte de bâtir sur l'environnement.

En Algérie, la conception des bâtiments et surtout scolaires doit s'aligner sur cette démarche environnementale qui permet d'intégrer le bâtiment dans son contexte urbain, social et climatique et de tirer profit des potentiels et richesses de chaque ville.

A travers ce modeste travail nous avons essayé de concevoir une école primaire multifonctionnelle, qui répond aux besoins de l'environnement urbain de la ville de Laghouat, caractérisée par un climat chaud et aride, cela suivant une méthode conceptuelle environnementale, qui s'est basée sur une étude thématique et analytique, pour se familiariser avec le sujet, puis une étude contextuelle et programmatique afin de définir le programme en fonction des exigences du contexte, avant de passer à la partie conceptuelle du projet pour mettre en exergue la démarche environnementale et ce dans le but d'assurer le bien-être des usagers et minimiser la consommation des énergies non renouvelables, en assurant un bon confort thermique et visuel, les techniques utilisées pour les atteindre les objectifs fixés sont testées par des logiciels de simulation numérique.

Mots clés : architecture durable, la multifonction, la ville de Laghouat, confort thermique et visuel.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عمّار ثليجي الأغواط
كلية الهندسة المعمارية والمدنية
قسم الهندسة المعمارية



ملخص مذكرة ماستر

الشعبة: هندسة المعمارية
التخصص: الهندسة المعمارية والبيئة
الميدان: هندسة العمارة وتخطيط المدن وتداولات المدينة
الموضوع: تصميم مدرسة ابتدائية مستدامة متعددة الوظائف بمدينة الأغواط

تقديم الطالب

• علواني يونس

الاستاذ المؤطر

• بالمرقة زوبيدة
• باعلي سعيدة

ملخص المذكرة :

مصطلح الاستدامة هو ضرورة من أجل تحقيق بناء اقتصادي مريح. حاليا يزداد البعد البيئي (التصميم المستدام) في الواقع لأنه يسمح بالحصول على مبنى مريح ويعمل على التقليل من التأثيرات السلبية للمبنى على البيئة ، وفي الجزائر ، يجب أن يتماشى تصميم المباني مع هذا النهج البيئي الذي يسمح بدمج المبنى في سياقه الحضري والاجتماعي والمناخي والاستفادة من إمكانيات وثروات كل مدينة ، ومن خلال هذا العمل المتواضع ، حاولنا تصميم مدرسة ابتدائية متعددة الوظائف تجيب الحاجة إلى التقسيم الحضري في مدينة الأغواط التي تتميز بمناخ حار و جاف باتباع طريقة بيئية مفاهيمية تستند إلى دراسة موضوعية وتحليلية ، للتعرف على الموضوع ، ثم دراسة سياقية وبرنامجية لتحديد البرنامج وفقاً لمتطلبات السياق ، قبل الانتقال إلى الجزء المفاهيمي من المشروع لتسليط الضوء على النهج البيئي وهذا من أجل ضمان رفاة المستخدمين وتقليل استهلاك الطاقات غير المتجددة ، من أجل تلبية الاحتياجات ، وضمان الراحة الحرارية والبصرية والصوتية. يتم اختبار التقنيات المستخدمة لتحقيقها بواسطة برنامج المحاكاة العددية.

الكلمات المفتاحية: الهندسة المعمارية المستدامة، متعددة الوظائف، مدرسة بيئية، مدينة الأغواط، الطاقة، وسائل الراحة الحرارية والبصرية



Democratic and popular republic of Algeria
Ministry of higher education and scientific research



Amar Telidji University – Laghouat

FACULTY : civil engineering and architecture

SECTOR : Architecture & town planning

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

SECTOR: Architecture

DOMAIN: architecture, town planning and city trades

SPECIALITY: Architecture & environnement

Theme: design of a multifunctional sustainable primary school in the city of Laghouat

Presented by:

- **ALOUANI younes**

Supervised by :

- **BOULMERKA ZOUBIDA**
- **BAALI SAIDA**

Abstract:

The concept of sustainability is a necessity in order to achieve an economical and comfortable construction. At present, the Environmental dimension (sustainable design) is gaining momentum because it makes it possible to obtain a comfortable building and to minimize the negative impacts of the act of building on the environment.

In Algeria, the design of buildings and especially school buildings must align with this environmental approach that allows to integrate the building in its urban, social and climatic context and to take advantage of the potential and wealth of each city.

Through this modest work we have tried to design a multifunctional primary school, which meets the needs of the urban intoxication of the city of Laghouat, characterized by a hot and arid climate, following an environmental conceptual method, which is based on a thematic and analytical study, to become familiar with the subject, then a contextual and programmatic study to define the program according to the requirements of the context, before moving on to the conceptual part of the project to highlight the environmental approach and this in order to ensure the well-being of users and to minimize the consumption of non-renewable energies, by ensuring a good thermal and visual comfort, the techniques used to reach the fixed objectives are tested by numerical simulation software

Key words: sustainable architecture, the multifunction, kindergarten, the city of Laghouat, energy, thermal and visual comforts

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Allah le tout puissant, qui a nous donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*La première personne que nous tenons à remercier notre encadreur **Mme. Boulmerka Zoubida**, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Nos remerciements aussi à **Mme. Baali Saida** pour ces précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.*

Nous remercions aussi les membres de jury qui accepté évaluer notre travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

A nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.

Dédicace

Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et la volonté

Ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail :

*A ma très chère mère **AICHA** et père **AISSA** pour toutes ses tendresses et pour ses nombreux sacrifices. Que Dieu les garde.*

A ma chère grande mère et à mon cher grand père. Que Dieu les garde.

*À mon frère **SADDIKE** et **TAHA** et **YAHIA***

*À ma sœur **MAROUA***

*Ma fiancée **MERIAM***

À mon binôme Houichiti Abdessamed et à leurs familles.

À tous mes collègues

*A tous mes amis ; **Ismail .Bakir, Isaak,***

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci d'être toujours avec moi

ALOUANI YOUNES

Table des matières

I.	CHAPITRE INTRODUCTIF	14
I.1	Introduction générale	1
I.2	Motivation du choix du thème	2
I.3	Problématique	2
I.4	Objectifs de travail	2
I.5	Hypothèses	3
I.6	Méthodologie de recherche	3
I.7	Structure du mémoire	4
I.	CHAPITRE THEMATIQUE	5
I.1	Introduction du chapitre	6
I.2	Volet 01 : Education	6
I.2.1	Introduction	6
I.2.2	Définition de l'éducation	6
I.2.3	Historique de l'éducation	7
I.2.4	Education en Algérie.....	7
I.2.5	Les différentes politiques éducatives en Algérie	9
I.2.6	Etablissements scolaires.....	9
I.2.7	Influence de l'environnement physique des bâtiments éducatifs sur la capacité d'apprentissage.....	10
I.2.8	L'éducation au développement durable	10
I.2.9	Pédagogie des intelligences multiples.....	13
I.2.10	Synthèse	15
I.3	Volet 02 : Durabilité	16
I.3.1	Introduction.....	16
I.3.2	Développement durable	16
I.3.3	Architecture durable.....	16
I.3.4	Quelques labels et certification	17
I.3.5	Principes de base de l'architecture durable.....	17
I.3.6	Stratégies de durabilité dans les bâtiments	20
I.3.7	Les paramètres qualitatifs environnementaux des établissements scolaires	21
I.3.8	Synthèse	23
I.4	Volet 03 : Flexibilité et multifonctionnalité en architecture	24

I.4.1	Définition de multifonctionnalité.....	24
I.4.2	Les qualités spatiales de l’architecture flexibles et adaptable.....	24
I.4.3	Objectifs de la multifonctionnalité.....	25
I.4.4	Synthèse	25
I.5	Conclusion du chapitre.....	25
II.	CHAPITRE ANALYTIQUE	26
II.1	Introduction :	27
II.2	Exemple 01 : Ecole jean-moulin :.....	27
II.2.1	Critère du choix :.....	27
II.2.2	Fiche technique :	27
II.2.3	Situation :.....	28
II.2.4	Plan de masse :.....	28
II.2.5	Organisation des espaces :	29
II.2.6	Volumétrie :	30
II.2.7	Façades :.....	30
II.2.8	Synthèse :.....	32
II.3	Exemple 02 : Ecole primaire des sciences et de la biodiversité :	33
II.3.1	Critère du choix :.....	33
II.3.2	Fiche de présentation du projet :	33
II.3.3	Situation :.....	33
II.3.4	Programme :.....	33
II.3.5	Plan de masse :.....	34
II.3.6	Organisation des espaces :	35
II.3.7	Organisation des espaces :	39
II.3.8	Les Aspect liées à la durabilité :	39
II.3.9	Synthèses :.....	40
II.4	Exemples complémentaires :	42
II.4.1	Ecole Fort d'Issy –France :	42
II.4.2	Exemple 04 : Fuji Kindergarten en Kyoto japon :	47
II.5	Conclusion :.....	50
III.	CHAPITRE CONTEXTUEL.....	53
III.1	Introduction.....	54
III.2	Présentation de la ville de Laghouat	54

III.2.1	Situation géographique et astronomique.....	54
III.3	Différentes phases de développement de la ville	54
III.4	Analyse climatique.....	55
III.4.1	Caractéristique du climat de la ville de Laghouat.....	55
III.4.2	Données climatiques de la ville de Laghouat.....	56
III.4.3	Diagramme psychrométrique de Givoni	58
III.4.4	Synthèse Climatique :	58
III.5	Analyse du site d'intervention	59
III.5.1	Motivation de choix de site :.....	59
III.5.2	Situation de terrain	59
III.5.3	Topographie du terrain.....	59
III.5.4	Accessibilité et flux.....	60
III.5.5	Environnement immédiat.....	60
III.5.6	Aspect climatique du site	61
III.6	Synthèse du chapitre.....	63
IV.	Chapitre programmatique	64
IV.1	Introduction :	65
IV.2	Objectif de la programmation	65
IV.3	Présentation du projet.....	65
IV.4	Mission du projet	65
IV.5	Programme quantitatif :	65
IV.5.1	Organisation fonctionnelle d'une école	67
IV.6	Programme qualitatif	68
IV.6.1	Accueil	68
IV.6.2	Salle d'activités sportives pour maternelle	69
IV.6.3	Atelier maternelle.....	70
IV.6.4	Salle de classe primaire.....	70
IV.6.5	Bibliothèque	72
IV.6.6	Salle de repos (sieste).....	72
IV.6.7	Bureau directeur.....	73
IV.6.8	Salle des enseignants.....	73
IV.6.9	Cabinet médical.....	74
IV.6.10	Sanitaires enfants	75

IV.6.11	Salle des parents.....	75
IV.6.12	Stockage / archive	75
IV.6.13	Locaux techniques.....	75
IV.6.14	Vestiaires.....	76
IV.6.15	Salle de classe primaire.....	77
IV.6.16	Atelier primaire	77
IV.6.17	Escaliers	78
IV.6.18	Stationnement automobile.....	79
IV.7	Synthèse du chapitre.....	79
V.	Chapitre conceptuel	80
V.1	Introduction :	81
V.2	Volet architectural :.....	81
V.2.1	Les concepts.....	81
V.2.2	L'idée d'inspiration.....	84
V.2.3	Genèse du projet.....	85
V.2.4	Plan de masse :.....	90
V.2.1	Lecture des plans :.....	90
V.2.2	Principes de conception des façades :	96
V.2.3	Aspects Environnementaux Traités au Niveau des plans intérieurs :	99
V.3	Synthèse :	103
V.4	Volet 02 : technique	104
V.4.1	Introduction :.....	104
V.4.2	Système constructif :	104
V.4.3	Confort thermique	113
V.4.4	Confort visuel :.....	116
V.5	. Confort acoustique :	117
V.5.1	Plafond rock fon acoustique :	117
V.6	Gestion d'énergie :	118
V.6.1	Panneaux photovoltaïques :	118
V.6.2	. Biogaz	118
V.6.3	Gestion des déchets :.....	119
V.6.4	. Gestion d'eau :	120
V.6.5	Sécurité :	120

V.6.6	Construction en paille :	122
V.6.7	Caractéristiques de la paille :	123
V.6.8	Les tribunes télescopiques de salle multifonctionnelle (en sous-sol) :	125
V.6.9	Synthese :	127
VI.	CONFORT THERMIQUE DANS LES SALLE DE CLASSE.....	128
VI.1.1	Introduction.....	129
VI.1.2	Problématique :	129
VI.1.3	Objectif :	129
VI.1.4	Hypothèse :	129
VI.1.5	Méthodologie :	129
VI.1.6	Les paramètres affectant le confort thermique.....	130
VI.1.7	Les solutions passives pour le confort thermique	133
VI.1.8	Evaluation Numérique du Confort thermique.....	134
VI.1.9	L’objectif de la simulation	134
VI.1.10	Cas d’étude.....	135
VI.1.11	Cas amélioré.....	136
VI.1.12	Simulation à l’aide du Logiciel « ECOTECT »	138
VI.1.13	Simulation à l’aide du logiciel ENERGYPLUS version 1,2 :	140
VI.1.14	Modélisation et simulation d’hiver cas initiale (ENERGEYPLUS):.....	140
VI.1.15	Modélisation et simulation d’été cas initiale (ENERGEYPLUS):.....	141
VI.1.16	Modélisation et simulation d’hiver cas amélioré (ENERGEYPLUS) :	141
VI.1.17	Modélisation et simulation d’été cas amélioré (ENERGEYPLUS) :	142
VI.2	Interprétation des résultats :	142
VI.3	Comparaison entre les deux résultats :.....	143
VI.3.1	Les recommandations :	144
VI.3.2	Synthèse	145
VII.	Conclusion générale :.....	146
VIII.	Annexe	148

Liste de figures

Figure 1: Les 5 niveaux d'intégration de l'éducation au développement durable dans les classes	13
Figure 2: Echelle chronologique de création de quelque label	17
Figure 3: La compacité varie selon la forme la taille et le mode de contact des volumes.....	17
Figure 4: L'orientation de l'édifice par rapport aux vents et au soleil	18
Figure 5: Principe de base d'une conception bioclimatique	18
Figure 6: Energie éolienne	19
Figure 7: Panneau photovoltaïque.....	19
Figure 8: Energie géothermique.....	19
Figure 9: Stratégie de chaud pour l'hiver	20
Figure 10: stratégie de froid pour l'été	21
Figure 11: école jean moulin.....	27
Figure 12: plan de situation école jean moulin	28
Figure 13: plan de masse école Jean Moulin	28
Figure 14: plan de rez-de-chaussée école Jean Moulin.....	29
Figure 15: plan de 1er étage école Jean Moulin.....	29
Figure 16 : plan de toiture école Jean Moulin.....	30
Figure 17: Volumétrie école jean moulin	30
Figure 18 : analyse de la façade	31
Figure 19: Vues sur l'école.....	31
Figure 20: Vue intérieur sur la bibliothèque	31
Figure 21: école primaire des sciences et de la biodiversité	33
Figure 22 : Plan de situation	33
Figure 23: plan de masse.....	34
Figure 24: Accessibilité école des sciences et de la biodiversité.....	34
Figure 25: la volumétrie de projet.....	34
Figure 26: Plan sous-sol école des sciences et de la biodiversité	35
Figure 27: Plan rez-de-chaussée école des sciences et de la biodiversité.....	35
Figure 28: Plan 1er étage école des sciences et de la biodiversité.....	36
Figure 29: Plan 2em étage école des sciences et de la biodiversité	36
Figure 30: Plan 3em étage école des sciences et de la biodiversité	37
Figure 31 : plan de toiture Ecole primaire des sciences et de la biodiversité	37
Figure 32 : Schéma représente la circulation verticale entre les différents niveaux.....	38
Figure 33 : coupe longitudinale	38
Figure 34: coupe transversale	38
Figure 35: Organisation spatial	39
Figure 37: façade latérale ouest	39
Figure 37: façade sud	39
Figure 38: lecteur de façade	40
Figure 39 : vue sur l'entre de l'école	42
Figure 40: plan de situation.....	42

<i>Figure 41: Accessibilité</i>	43
Figure 42: organisation spatiale	43
Figure 43: schéma de circulation horizontale	43
Figure 44: vue de la façade intérieure	44
Figure 45: vue sur la structure.....	44
Figure 46: coupe détail d'un panneau en paille	44
Figure 47: L'éclairage et la ventilation dans l'hiver	45
Figure 48: L'éclairage et la ventilation dans l'été.....	45
Figure 49: technique de la géothermique	46
Figure 50: Système gestion des eaux pluviales.....	46
<i>Figure 51: Fuji Montessori Kindergarten</i>	47
Figure 52: Plan de masse fuji kindergarten.....	47
<i>Figure 53: organisation spatiale et circulation fuji kindergarten</i>	48
Figure 54: Piot d'eau fuji kindergarten.....	48
<i>Figure 55: vue intérieure de projet fuji kindergarten</i>	48
Figure 56: chauffage traditionnelle coréen	49
<i>Figure 57: schéma de la ventilation et planche chauffent</i>	49
Figure 58: système constrictif en charpente métallique.....	50
Figure 59: La ville de Laghouat	54
Figure 60: différentes phases de développement de la ville de Laghouat	55
Figure 61: Différentes zones climatiques de la ville de la ville de Laghouat	56
Figure 62: type de ciel.....	56
Figure 63: Diagramme de température à Laghouat	56
Figure 64: Quantité de précipitation	56
Figure 65: Humidité annuelle wilaya de Laghouat	57
Figure 66: Vitesse du vents Laghouat.....	57
Figure 67: Rose des vents	57
Figure 68: Diagramme psychrométrique la ville de Laghouat	58
Figure 69: Coupe de terrain d'intervention	59
Figure 70: Flux et accessibilité de site	60
Figure 71: Environnement immédiat de terrain d'intervention	60
Figure 72: Vents et ensoleillement de site	61
Figure 73: Intervalle d'ombrage de 09:00h a 16:00	61
Figure 74: Solstice d'hiver à 09:00.....	62
Figure 75: Solstice d'hiver à 14:00.....	62
Figure 76: Solstice d'été à 14:00	62
Figure 77: Solstice d'été à 09:00	62
Figure 78: Effet de vents sur le terrain.....	62
Figure 79: Schéma fonctionnel type d'une école maternelle	67
Figure 80: Schéma fonctionnel type d'une école élémentaire.....	67
Figure 81: Les atteintes qualitatives dans les écoles primaires.....	68
Figure 82: Espace d'accueil.....	68

Figure 83: Salle d'activités sportives maternelle.....	69
Figure 84: Ateliers maternels.....	70
Figure 85: Disposition frontale avec des tables individuelles.....	70
Figure 86: Disposition frontale avec des tables doubles.....	70
Figure 87: Disposition frontale avec des tables double et quelques tables de groupe.....	71
Figure 88: La disposition en groupe.....	71
Figure 89: Disposition face à face.....	71
Figure 90: Disposition U.....	71
Figure 91: Disposition en carré.....	71
Figure 92 : Disposition multiple.....	72
Figure 93: Salle de repos.....	72
Figure 94: Salle des enseignants.....	73
Figure 95: Cabinet médical.....	74
Figure 96: Sanitaire enfants.....	75
Figure 97: Salle de classe primaire.....	77
Figure 98: Atelier primaire.....	77
Figure 99: Installation des escaliers.....	78
Figure 100: repérage et dimensions des places de stationnement adaptées.....	79
Figure 101: Forme de neurone.....	84
Figure 102: Les données de site.....	85
Figure 103: inspiration de la forme du projet.....	85
Figure 104: Choix des accès.....	85
Figure 105: zoning.....	86
Figure 106: Implantation de la masse bâtie et choix des accès.....	86
Figure 107: Les espaces non bâtis.....	87
Figure 108: le choix formel.....	87
Figure 109: évolution formelle et géométrique.....	87
Figure 110: Achèvement de la formalisation volumétrique.....	88
Figure 111: toitures et hauteurs, continuité urbaine.....	88
Figure 112: Evidement des volumes.....	88
Figure 113: plan de masse 3D.....	89
Figure 114: Parking protégé par des panneaux photovoltaïques.....	89
Figure 115: Pergola pour la protection solaire.....	89
Figure 116: Des lignes fluides et dirigeantes.....	89
Figure 117: Vue sur plan de masse.....	90
Figure 118: Plan rez-de-chaussée.....	91
Figure 119: Plan 1er étage.....	92
Figure 120: Plan sous-sol niveau -3m.....	93
Figure 121: Plan sous-sol niveau -6.45.....	93
Figure 122: Schéma représente la circulation verticale entre les différents niveaux.....	94
Figure 123: Circuit étage.....	95
Figure 124: Circuits RDC.....	95

Figure 125: Circuit sous-sol.....	95
Figure 126 : Coupe.....	95
Figure 127: Coupe B-B.....	96
Figure 128: Façade est	98
Figure 129: Façade ouest	99
Figure 130: disposition des patios et atrium source.....	99
Figure 131 : disposition des panneaux.....	100
Figure 132 : terrasse jardin.....	100
Figure 133: Vue globale sur le projet.....	101
Figure 134: Protection végétale contre les rayons de soleil.....	101
Figure 135: Vue sur la salle multifonctionnelle.....	102
Figure 136: vue sur l'accès principal	102
Figure 137 : Schéma d'un poteau avec semelle isolée	104
Figure 138 : Formes de poteau mixte.....	105
Figure 139 : Types de poutres mixtes	105
Figure 140 : Charpente métallique Treillis d'un stade ou chine.....	107
Figure 141 : Plan des axes et des joints	107
<i>Figure 142 : La forme du joint de dilatation et couvre joint</i>	<i>108</i>
Figure 143 : Cloison Knauf Métal	109
Figure 144: vue sur le mur végétalise	110
Figure 145: l'utilisation de l GRC dans le projet.....	110
Figure 146 : Détails d'un faux plafond en B13	111
Figure 147 : Détails d'un faux plafond démontable	111
<i>Figure 148 : Les modes de fonctionnement de la façade double peau</i>	<i>112</i>
Figure 149: vue 3d sur le projet	113
Figure 150 : Chauffage au sol.....	113
<i>Figure 151 : Les composantes d'une terrasse végétalisé</i>	<i>114</i>
Figure 152: toiture végétalisée.....	115
Figure 153 : Coupe d'une fenêtre double vitrage	115
<i>Figure 154 : Protection solaire détails.....</i>	<i>115</i>
<i>Figure 155: l'eclairge a partire l'atrium dans le projet.....</i>	<i>116</i>
Figure 156 : L'applique traditionnelle en version LED.....	116
Figure 157 : Spots	117
Figure 158 : H350	117
Figure 159 : Encastres muraux et de sol	117
Figure 160 : ILO – Projecteurs	117
Figure 161 : isolation acoustique et thermique d'un maison avec la palle.....	117
<i>Figure 162 : Panneaux pour plafonds suspendus pour les écoles. /.....</i>	<i>118</i>
Figure 163 : Les panneaux solaires souples.....	118
Figure 164: capteur solaire thermique	119
<i>Figure 165 : Principe de traitement des eaux vannes et valorisation en biogaz.....</i>	<i>119</i>
Figure 166 : poubelles de tri sélectif de l'extérieur.	119

<i>Figure 167 : d récupération des eaux pluviales</i>	120
<i>Figure 168 : local de recuperation pour l'eau de pluie</i>	120
Figure 169 : robinets intelligents	120
Figure 170 : Eclairage de sécurité.....	121
Figure 171 : Caméras de surveillance	121
Figure 172 : Extincteurs automatiques.....	121
<i>Figure 173 : Propriétés des détecteurs d'incendie en fonction du type de feu</i>	122
Figure 174: photo de la paille	122
Figure 175: fabrication des panneaux a usine	124
<i>Figure 176: Essai résistance au feu</i>	125
<i>Figure 177 : Tribunes télescopiques</i>	125
<i>Figure 178 : Fixation et dimensions des sièges</i>	126
<i>Figure 179 : Réglage des plateaux et appuis technils</i>	127
Figure 180: Effet de température des parois sur la température de l'espace	131
Figure 182: Le métabolisme	131
Figure 183: taux d'humidité ambiante optimale d'un point de vue hygiénique	131
Figure 184: valeurs exprimées des tenues vestimentaires	132
Figure 185 : La ventilation de la serre en hiver	133
Figure 186 : La ventilation de la serre en été.....	133
Figure 187 : la température et l'humidité relative.....	133
Figure 188 : La ventilation de la serre	133
Figure 189 : Plan de salle de classe.....	136
<i>Figure 190 : L'insigne Autodesk Ecotect 2011</i>	138
Figure 191:L'insigne de logiciel energyplus	140
Figure 192 : Cas initiale et améliorée d'hiver / ECOTECT Source : Auteur	143
Figure 193 : Cas initiale et améliorée d'hiver ENERGYPLUS Source : Auteur	143
Figure 194 : Cas initiale et améliorée d'été / ECOTECT Source : Auteur.....	143
Figure 195 : Cas initiale et améliorée d'été / ENERGYPLUS Source : Auteur.....	144
Figure 196 les 14 cibles de HQE	151
Figure 197 Principes Minergie.....	153
Figure 198 Les grands principes de LEED	154

Liste des tableaux

Tableau 1: structure et organisation actuelle du système éducatif Algérien.....	8
Tableau 2: Les différentes politiques éducatives en Algérie	9
Tableau 3 : Résistance thermique de la paille :.....	123
Tableau 7 :Les influences de confort thermique	130
Tableau 8: valeur exprimée en Col des tenues vestimentaire	132

CHAPITRE INTRODUCTIF

I.1 Introduction générale

« D'une manière générale, le processus éducatif a pour fonction, non seulement d'assurer le développement de l'individu, d'en faire un être social, mais plus essentiellement d'assurer la survie d'une société, la pérennité de ses "conditions d'existence" »¹

L'éducation est un droit humain fondamental : les gouvernements doivent investir et promouvoir des politiques éducatives pour améliorer le niveau intellectuel de leurs citoyens. Ils doivent créer un environnement physique et social favorable et vivable.

L'école est l'un des bâtiments architecturaux le plus présent dans les villes et les campagnes. C'est le bâtiment public que l'on fréquente le plus souvent au cours d'une vie en tant qu'élève à partir de nos premières années jusqu'à la fin de nos cursus, puis plus tard en tant que parents. En plus de sa mission éducative, l'école est le lieu où l'enfant vit sa deuxième expérience architecturale après la maison. Il y passe de longues heures au cours d'une journée. Chaque personne garde en elle une vision de l'école et y a été marqué, consciemment ou inconsciemment, par cette architecture.

La préservation de l'environnement est devenue l'objectif que tout le monde veut atteindre, dans le but de diminuer les impacts négatifs sur l'être humain et la bio sphère. Le développement durable a de nombreux domaines d'application, parmi eux le domaine de l'architecture, où il y existe plusieurs modes d'application, qui consistent en la recherche d'une synthèse harmonieuse entre le bâtiment, le confort des usagers et le respect de l'environnement ainsi que la réduction des besoins en énergie.

Aujourd'hui, en Algérie, une conscience du soucis environnemental a été remarquée depuis ces dernières années au niveau des bâtiments scolaires et plus précisément les écoles primaires avec l'intégration de l'énergie solaire dans le but d'avoir des bâtiments autonomes en énergie, les bâtiments scolaires ne sont plus donc que des bâtiments normaux, mais sont devenus des bâtiments où le soucis environnemental est omniprésent car ses usagers constituent une frange de population très spécifique, Ils ont besoin d'institutions éducatives respectueuses des normes environnementales..

Sous les climats chauds et secs, les conditions de confort physiologique, sont difficiles à satisfaire. Elles ne peuvent généralement, être assurées que si la conception des bâtiments est adaptée aux conditions de l'été.

Dans cette optique, notre mission consiste à essayer de minimiser ces impacts et de trouver des solutions efficaces pour construire un équipement éducatif sans nuire à l'environnement, avec de nouvelles approches introduisant les notions et concepts de l'architecture durable. Les bâtiments destinés à l'éducation malgré leur nombre très important et les enveloppes financières consacrées par l'Etat à leur réalisation et leur entretien, ne sont fonctionnels que neuf mois sur douze, penser à leur trouver une deuxième vocation pendant les périodes extrascolaires pourrait revitaliser ces équipements et participer à l'épanouissement social, culturel et même financier des villes par l'intégration de la dimension de multifonctionnalité.

¹ Jean-Claude Filloux, Durkheim et l'éducation, PUF, collection « Pédagogues et pédagogie », 1994.

Notre travail est un essai de procéder à une conception d'une école primaire durable multifonctionnelle, et ce par une méthode conceptuelle environnementale.

1.2 Motivation du choix du thème

La particularité des équipements éducatifs réside dans leur durée d'utilisation conditionnée par l'année scolaire qui ne dure que neuf mois sur douze, faisant de ces équipements des constructions à usage temporaire, et vu le nombre très important de ces équipements dans nos ville ; et les enveloppes financières consacrées par l'Etat à la réalisation de ce genre d'équipement, notre réflexion a été guidée vers un projet d'école primaire ayant une dimension urbaine par une offre de multifonctionnalité de ses services par l'intégration d'espaces (construits ou pas) pouvant servir la population en dehors de sa mission éducative principale afin de contribuer à la vie socio-urbaine de la ville et participer à l'épanouissement de la commune à travers sa rentabilité financière.

1.3 Problématique

Le présent travail est une conception d'une école primaire durable multifonctionnelle à la ville de Laghouat caractérisée par son climat chaud et aride où le défi est plus difficile au niveau de l'adaptation des constructions et de l'application de stratégies bioclimatiques efficaces pour minimiser la consommation énergétique et l'impact négatif de notre projet sur son environnement.

Le souci est de construire une école durable plus respectueuse de l'environnement tout en assurant un maximum de confort aux usagers ; nous essayons donc de trouver les solutions environnementales les plus adéquates qui peuvent être intégrées dès les premières phases de conception du projet.

Cela nous mène à poser la question suivante :

- Comment concevoir une école primaire durable dans des conditions climatiques de la ville de Laghouat ; qui fait partie du quartier « un organe de vie » participant à la récréation de ses habitants et à leur épanouissement ?

1.4 Objectifs de travail

L'objectif de cette recherche est la participation à promouvoir la discipline de l'architecture durable en Algérie dans l'optique de construire des établissements éducatifs sains et confortables sans nuire à l'environnement en réduisant la consommation énergétique, cela ne peut être possible que par l'application des principes de conception de l'architecture durable, pour cela, on vise la conception d'une école primaire multifonctionnelle à la ville de Laghouat caractérisée par son climat chaud et aride par l'application des principes de durabilité dès les premières étapes processus conceptuel du projet.

- 1- Contribuer et promouvoir l'architecture durable par un projet qui respecte l'environnement.
- 2- L'application des stratégies de durabilité pour minimiser la consommation énergétique dans le projet.
- 3- Offrir un projet d'école durable, multifonctionnelle, confortable offrant une réponse positive à la participation à la vie urbaine de la ville.
- 4- Etudier l'efficacité des matériaux et des dispositifs architecturaux dans l'amélioration des paramètres de confort thermique et visuel par le biais de simulation de logiciels.

I.5 Hypothèses

- 1- L'aboutissement à un projet d'école primaire durable se fera en appliquant les principes de conception de l'architecture durable dans les zones chaudes et arides, afin d'assurer des ambiances intérieures et extérieures confortables. Tout en tirant profit de potentiels solaires de la ville Laghouat.
- 2- Créer une salle multifonctionnelle au sein de l'école, ainsi qu'un jardin public et des espaces de jeu à l'intérieur du projet permet de participer à la vie urbaine du quartier et apporte un plus à revitaliser l'équipement éducatif en lui donnant le caractère de multifonctionnalité
- 3- La conception du projet selon les principes de durabilité permet d'assurer le bien-être des usagers et de minimiser la consommation énergétique.

I.6 Méthodologie de recherche

Pour atteindre les objectifs tracés on opte pour les démarches suivantes :

La récolte des documents qui ont une relation avec notre sujet de recherche : l'éducation, les écoles et la durabilité et la multifonctionnalité afin d'enrichir nos connaissances et l'investigation des données récoltées.

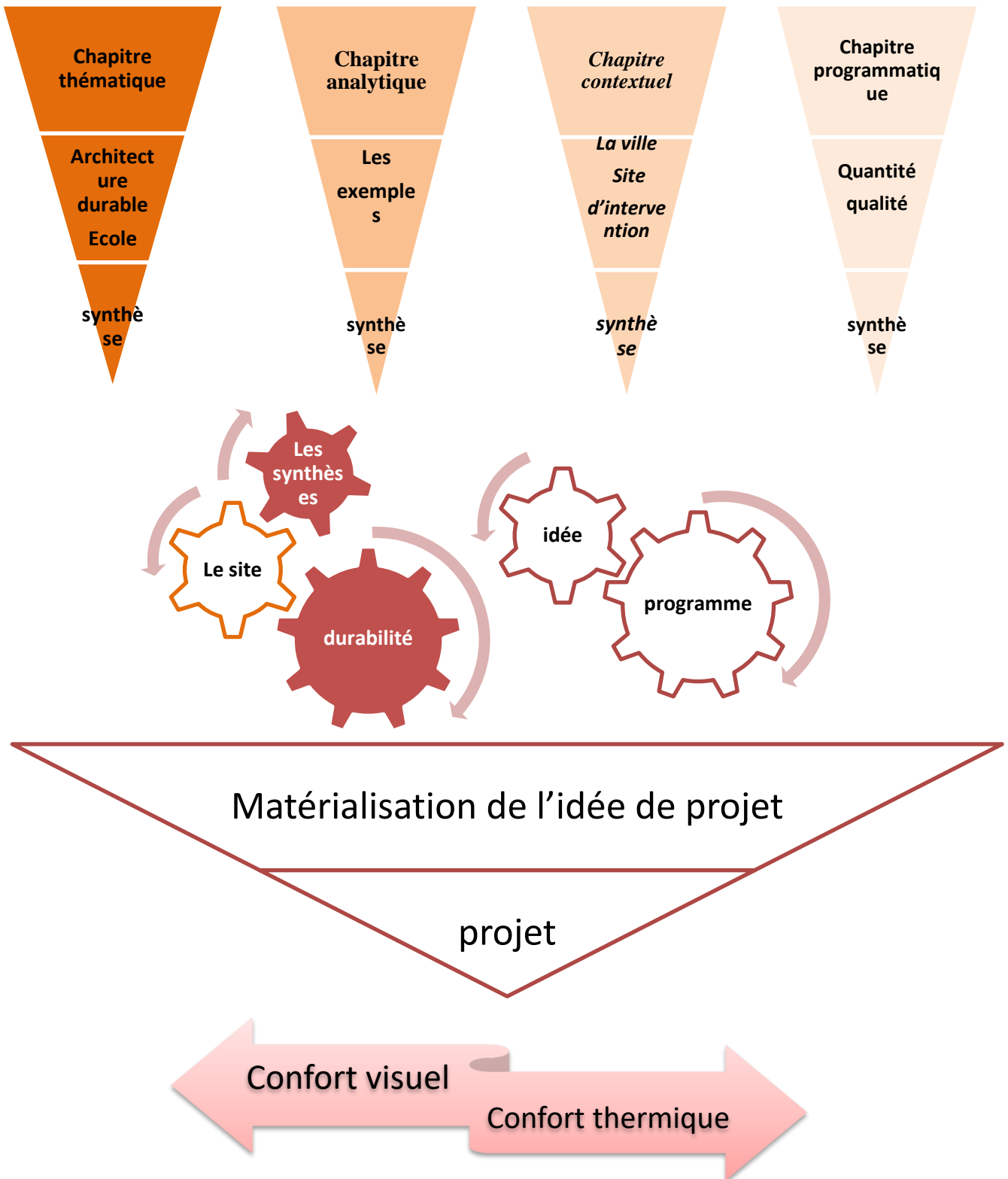
Une étude analytique des exemples nationaux et internationaux et d'autres exemples complémentaires, qui nous permettent d'approfondir nos connaissances en matière de relations fonctionnelles et spatiales des écoles, ce qui sert à la programmation. Comprendre la stratégie environnementale et durable à travers l'étude des techniques et des dispositifs utilisés au sein des exemples analysés.

L'étape qui suit concerne 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 liés à notre site d'intervention pour assimiler les atouts et les contraintes du site d'intervention.

Toutes ces phases servent d'appui à la partie la plus importante du travail, à savoir la partie architecturale dont l'objectif est de procéder à la conceptualisation du projet en présentant le processus conceptuel dès ses premières phases en intégrant les principes de l'architecture durable, l'évolution formelle du projet en tenant en considération les différentes conclusions tirées des chapitres précédents, cette partie consiste aussi à définir les différents dispositifs et techniques environnementaux adoptés à l'école.

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

I.7 Structure du mémoire



CHAPITRE THEMATIQUE

I.1 Introduction du chapitre

Dans ce chapitre nous allons discuter les trois principaux volets, l'éducation, la durabilité et la multifonctionnalité, et ce afin d'enrichir nos connaissances dans le sujet, cela nous permettra de maîtriser les aspects fonctionnels et de confort de ce type de projets.

I.2 Volet 01 : Education

I.2.1 Introduction

L'éducation est un droit fondamental de l'homme défini par l'article 26 de la Déclaration Universelle des droits de l'homme (1948)

L'être humain est porteur de facultés. L'enjeu de l'éducation est d'actualiser ces facultés, dont la liste est la suivante : le pouvoir de penser, la faculté de se conduire moralement, la faculté d'émotion face au beau, le pouvoir d'agir avec son corps de façon maîtrisée, le pouvoir d'utiliser ses cinq sens de façon maîtrisée.²

L'enjeu de l'éducation est d'actualiser ces facultés, cela se passe principalement à l'école.

Dans ce volet, un ensemble de notions, données et connaissances liées à l'éducation seront mis en exergue afin de mieux assimiler les particularités de ce genre d'équipements et aboutir à une maîtrise du sujet de recherche.

I.2.2 Définition de l'éducation

Selon **Durkheim** « L'éducation est l'action exercée par les générations adultes sur celles qui ne sont pas encore mûres pour la vie sociale. Elle a pour objet de susciter et de développer chez l'enfant un certain nombre d'états physiques, intellectuels et moraux que réclament de lui et la société politique dans son ensemble et le milieu spécial auquel il est particulièrement destiné. »³

Selon Ulman : l'éducation consiste en une action exercée par un être humain pour permettre à l'éduquer d'acquérir certains traits culturels que les usages, les sentiments ou une conviction raisonnée font considérer comme souhaitable.⁴

Selon Kant : l'éducation a pour but de développer dans l'individus toute la perfection dont il est susceptible.⁵

a) Enseignement

Le petit Larousse compte quatre sens de ce terme :

- L'enseignement consiste à transmettre des connaissances, c'est la manière d'enseigner. Instruire et enseigner sont synonyme.
- L'enseignement est une des branches de l'organisation scolaire. On parle d'enseignement primaire, secondaire et supérieur.
- L'enseignement est la profession de celui qui enseigne

² Jacques Ulmann,, La pensée éducative contemporaine, Vrin, Paris 1990.

³ Emile Durkheim, Education et sociologie, 10 Edition Félix Alcan, Paris 02/02/2013.

⁴ Idem 2

⁵ Emmanuel Kant, Kant réflexion sur l'éducation, Vrin, Paris 1967.

- L'enseignement est ce qui est enseigné par une matière scolaire ou par une leçon de l'expérience.

1.2.3 Historique de l'éducation

Avant la création de l'école avec sa notion traditionnelle, l'apprentissage et l'acquisition d'expérience se faisaient par l'interaction continue entre l'individu et son environnement. A l'échelle de la société, différents moyens ont été mis en œuvre pour atteindre un double but. Le premier est la formation des membres de la société, le second est de favoriser la passation des valeurs culturelles entre les générations. Dans son ouvrage « *l'histoire générale de l'enseignement et de l'éducation en France* » L. H. Parias, considère l'histoire de l'éducation scolaire comme une composante de l'histoire générale des pratiques culturelles, de la quotidienneté et de l'influence naturelle des marches et des contremarches d'une société qui éduque comme elle vit et comme elle meurt.⁶

Dans l'antiquité, les premiers systèmes d'éducation sont ceux connus dans la civilisation Indienne à partir du IV millénaire avant JC. Cependant, Dans l'empire romain ils ont été plus développés, où les écoles furent instaurées partout. Au sein de la civilisation musulmane, l'enseignement joua un rôle dynamique dans le développement. Une structure d'enseignement appelée « *madrassa* » a commencé par une partie de la mosquée puis a eu son lieu propre⁷.

Au moyen âge, la scolarisation prit une place prépondérante dans l'enseignement.

Mais jusqu'à cette période l'accès à l'éducation restait un privilège réservé aux classes supérieures de la société, à l'exception des petites écoles dirigées par des régents. Entre le XVIIe siècle et le XIXe siècle, le développement de l'éducation était dû à l'élaboration de deux structures : le système scolaire et l'édification de l'école.

Cet aperçu historique démontre ce que *Adolphe Ferrière* résume « *l'éducation permanente n'est pas née seulement d'une réflexion philosophique, politique ou pédagogique, mais aussi d'un processus historique probablement irréversible* »⁸

1.2.4 Education en Algérie

L'évolution du système éducatif a largement été conditionnée par une politique éducative qui consacre entre autres, les principes de la démocratisation, la gratuité de l'enseignement à tous les niveaux, et l'obligation scolaire de l'enseignement de base. En effet dès l'indépendance, le droit à l'éducation a été l'un des premiers objectifs que le système éducatif s'est efforcé de concrétiser.

Le système d'éducation algérien administré par le ministère de l'éducation nationale comprend les niveaux d'enseignement et de formation suivants⁹ :

- L'éducation préscolaire,
- L'enseignement secondaire, regroupant l'enseignement secondaire général et l'enseignement secondaire technique,
- L'enseignement supérieur,

⁶ **Ferrière, A.** *Encyclopaedia Universalis*, copus. 6. L'histoire de l'éducation, ESIRENZYMOPATHIES. Paris, France, S.A.

⁷ Jacques Ulmann,, *La pensée éducative contemporaine*, Vrin, Paris 1990.

⁸ Idem 7

⁹ D'après les indications fournies par le Ministère de l'éducation nationale d'Algérie ; www.education.gov.dz

- La formation professionnelle,
- La formation des adultes.

Niveau	Objectifs	
<i>L'éducation préscolaire</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Aider les enfants de 3 à 6 ans à acquérir son autonomie, des attitudes et des compétences. - Préparation à l'accès à l'enseignement de base. 	L'éducation préscolaire dispensée dans des écoles préparatoires, des jardins d'enfants et des classes enfantines.
<i>L'enseignement de base</i>	<ul style="list-style-type: none"> - L'objectifs de l'enseignement primaire est de développer toutes les capacités de l'enfants (expression orale, écriture, lecture, mathématique). - l'enseignement moyen assure pour chaque élève un socle de compétences lui permettant de poursuivre des études ou de s'intégrer dans la vie active. 	L'enseignement de base est d'une durée de 9 années : <ul style="list-style-type: none"> - 5 ans dans le primaire. 4 ans dans le moyen.
<i>L'enseignement secondaire</i>	<ul style="list-style-type: none"> - poursuite des objectifs généraux de l'école de base - Le renforcement des connaissances acquises, la spécialisation progressive dans les différents domaines. 	D'une durée de 3 an organisée en filières.

Tableau 1: structure et organisation actuelle du système éducatif Algérien

Source : D'après les indications fournies par le Ministère de l'éducation nationale d'Algérie

I.2.5 Les différentes politiques éducatives en Algérie

Le tableau au-dessous montre les différentes politiques éducatives en Algérie :

1962 - 1976	<p>Première politique: L'organisation de l'enseignement dans le prolongement de l'enseignement français pré-indépendance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elle est hérité du modèle français (la plupart des matières en français)
1976 - 2000	<p>Seconde politique: La mise en place d'un enseignement algérien</p> <ul style="list-style-type: none"> • La nationalisation de l'éducation. • La langue arabe comme langue officiel d'enseignement. • L'algerianisation des moyens pédagogiques et particulièrement les manuels scolaires. • La démocratisation de l'éducation qui assure à chaque citoyen Algérien la chance d'aller à l'école.
2000 - 2011	<p>Troisième politique: Une tentative d'amélioration des résultats du système éducatif Algérien</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'obligation de la scolarité jusqu'a la fin de collège à l'age de 16 ans. • La gratuité de l'éducation • Conformer au modèle pédagogique universelles.

Tableau 2: Les différentes politiques éducatives en Algérie

Source : loi d'orientation sur l'éducation nationale

I.2.6 Etablissements scolaires

L'établissement scolaire est un équipement consacré à l'éducation, il désigne l'ensemble des bâtiments collectifs destinés à la scolarisation des enfants : école maternelle, école primaire, collège et lycée. Qu'il soit privé ou public, il est considéré comme une entité qui a pour vocation première, celle d'assurer aux élèves qui le fréquentent quotidiennement et aux pratiques éducatives les meilleures conditions de confort, d'hygiène et de sécurité. Il est le lieu privilégié du développement social de l'enfant et de l'adolescent dans la société¹⁰.

L'établissement scolaire est l'ensemble des locaux où se donne un enseignement (école, collège ou lycée).

Les établissements scolaires jouent un rôle crucial dans chaque localité. C'est évidemment là que les élèves apprennent et que les enseignants transmettent leur savoir, mais c'est aussi là que sont organisées des manifestations sociales, des représentations théâtrales et des événements sportifs. Ils représentent un indicateur du bien-être de la population locale. Les bâtiments scolaires jouent aussi un rôle important en cas de catastrophe naturelle soit au moment même de la catastrophe soit dans la phase de reconstruction. Lorsqu'un cyclone ou une inondation est survenu, l'école peut servir d'abri d'urgence où la population locale sera hébergée, nourrie et prise en charge. Après un tremblement de terre, les écoles peuvent accueillir les personnes dont les logements ont été détruits ou endommagés.¹¹

¹⁰ D'après le dictionnaire Larousse

¹¹ Mémoire « l'impact de la qualité environnementale des établissements scolaires sur la performance du système éducatif en Algérie »

a) *Ecole primaire*

• Définition

Si on se contente sur les définitions données dans les dictionnaires, le terme "école primaire" provient de l'altération du latin " primaria schola " ¹². Le terme désigne « un établissement où est dispensé un enseignement collectif général aux enfants d'âge scolaire et préscolaire ». De ce fait, l'école primaire est un établissement scolaire public ou privé assurant l'acquisition d'une culture scolaire fondamentale à l'instruction des enfants âgés de six à douze ans (lire, écrire, compter, s'exprimer dans leur propre langue et dans une langue étrangère) ¹³

L'école primaire envisage plusieurs similarités communes dans tous les pays du monde, elle se présente partout ¹⁴, met l'accent sur l'instruction ainsi que l'ancrage dans l'histoire et la culture pour affirmer l'appartenance de l'homme à sa nation.

• Rôle de l'école primaire

L'école primaire n'est pas uniquement un lieu pédagogique. Elle est aussi un lieu de vie où s'alternent les activités et les besoins des enfants scolarisés. Les écoles sont également considérées comme des entités sociales et culturelles intégrées au sein de la société. Elle a pour mission la préparation des enfants à la vie personnelle, sociale et professionnelle. Elles sont actrices du développement et l'épanouissement de l'enfant.

1.2.7 Influence de l'environnement physique des bâtiments éducatifs sur la capacité d'apprentissage

L'enfant de 6 à 12 ans ouvre ses perceptions et sa compréhension au-delà du monde concret qui l'entoure et entre peu à peu dans l'abstraction.

L'environnement physique et social dans lequel l'enfant vit quotidiennement n'est pas neutre, au contraire il contribue à le « construire » à son tour en cette période où son propre corps physique est en pleine croissance et où son sens social et moral s'édifie à travers ses relations à l'école.

Le principe du « Third Teacher » est né en Italie et a été développé par Loris Malaguzzi ¹⁵ qui a mis en place la pédagogie Reggio Emilia : l'espace et l'environnement sont considérés après les parents et l'enseignant comme le troisième éducateur de l'enfant à part entière. Depuis, de très nombreux exemples ont démontré, sans équivoque, que la santé et la capacité d'apprentissage de l'enfant sont liées à ce troisième éducateur qu'est son environnement. ¹⁶

1.2.8 L'éducation au développement durable

a) *Qu'est-ce une école durable*

La durabilité est une approche « à l'échelle de l'école » qui va au-delà des programmes d'études et qui englobe la planification et la gestion de l'établissement. Les politiques de durabilité de l'école peuvent consolider l'enseignement relatif à la durabilité offert en salle de classe, faire de l'école elle-même un

¹² Selon Le Petit Larousse (2009)

¹³ (Encarta, 2009).

¹⁴ Gauthier, P. L. (2006). L'école primaire en question. *Revue internationale d'Éducation – SÈVRES* - (n°41), pp. 17-23.

¹⁵ **Loris Malaguzzi** psychologue et professeur au primaire

¹⁶ Collaboration pédagogie & architecture dans les écoles : utopie ou réalité ? version PDF, P11

laboratoire, réduire son empreinte écologique et améliorer les relations avec la collectivité locale. Par son enseignement et ses pratiques quotidiennes, une école durable prépare les jeunes à adopter un mode de vie durable. En tant que modèles de pratiques exemplaires, les écoles durables offrent aux élèves et au personnel des possibilités concrètes de contribuer à un mode de vie durable, tout en servant d'exemples aux autres partenaires du milieu scolaire.¹⁷

b) *Qu'est-ce que l'éducation au développement durable (EDD) ?*

L'EDD donne aux apprenants les moyens de prendre des décisions en connaissance de cause et d'entreprendre des actions responsables en vue de l'intégrité environnementale, de la viabilité économique et d'une société juste pour les générations présentes et à venir, et ce dans le respect de la diversité culturelle. Liée à l'apprentissage tout au long de la vie, l'EDD fait partie intégrante de l'éducation de qualité. Il s'agit d'une éducation holistique et transformationnelle qui concerne les contenus et les résultats de l'apprentissage, la pédagogie et l'environnement éducatif. Elle atteint son but en transformant la société.¹⁸

c) *Composant de l'éducation au développement durable*

Contenus de l'apprentissage : Intégrer aux programmes d'enseignement les questions capitales que sont le changement climatique, la biodiversité, la réduction des risques de catastrophes, et la consommation et la production durables.

Pédagogie et environnements d'apprentissage : Concevoir un enseignement et un apprentissage interactifs et axés sur l'apprenant qui ouvrent la voie à un apprentissage exploratoire, orienté vers l'action et transformateur. Repenser les environnements d'apprentissage – matériels, virtuels et en ligne – afin d'inciter les apprenants à agir en faveur de la durabilité.

Résultats de l'apprentissage : Stimuler l'apprentissage et promouvoir les compétences fondamentales telles que l'analyse critique, la réflexion systémique, la prise de décision collaborative et le sens des responsabilités pour les générations présentes et à venir¹⁹.

Transformation de la société : Donner aux apprenants de tout âge, quel que soit le contexte éducatif qui est le leur, de se transformer et de transformer la société dans laquelle ils vivent.

- Favoriser la transition vers des économies et des sociétés plus vertes.
- Doter les apprenants des compétences nécessaires aux « emplois verts »
- Inciter les personnes à adopter des modes de vie durables.
- Donner à chacun les moyens d'être un « citoyen du monde ». Qui prenne des engagements et joue un rôle actif, au niveau local et mondial, afin de faire face aux problèmes qui se posent dans le monde et de les résoudre pour, à terme, contribuer activement à la création d'un monde plus juste, pacifique, tolérant, intégrateur, sûr et durable²⁰.

¹⁷ Guide pour l'aménagement d'écoles durables au Manitoba, page 14

¹⁸ Qu'est-ce que l'éducation au développement durable? UNESCO, consulter : <https://fr.unesco.org/themes/education-au-developpement-durable/comprendre-edd>

¹⁹ Collaboration pédagogie & architecture dans les écoles : utopie ou réalité ? version PDF, P11

²⁰ Qu'est-ce que l'éducation au développement durable ? UNESCO, consulter : <https://fr.unesco.org/themes/education-au-developpement-durable/comprendre-edd>

d) *Les 5 niveaux d'intégration de l'éducation au développement durable dans les classes*

- **Une éducation aux écogestes**
- Elle consiste dans les classes à mettre les élèves en situation qui leur permette d'apprendre justement à économiser l'eau de robinet, l'électricité, donc c'est une véritable éducation à des gestes écologiques et environnementaux, les élèves non pas véritablement d'apprentissage de compétences à avoir, il s'agit simplement de répéter des choses à prise par cœur (il faut atteindre la lumière, il faut économiser l'eau de robinet, il faut se déplacer à pied plutôt qu'en véhicule).²¹
- **Un enseignement du développement durable**
- Il consiste à véritablement enseigner des principes de développement durable, ainsi les enseignants utilisent souvent des stratégies où on met en scène différentes situations et les élèves doivent identifier des principes tels les conditions environnementales, sociales ou économiques par rapport à une situation donnée.²²
- **Une intégration disciplinaire**
- C'est une véritable intégration disciplinaire, c'est-à-dire que le développement durable est intégré dans différentes disciplines notamment la géographie, l'histoire ou les sciences.
- On voit par exemple des moyens d'enseignement qui intègrent des principes et des éléments propres au développement durable ; par exemple dans des moyens d'enseignement de géographie on verra une analyse des situations géographiques en relation avec le triangle du développement durable, c'est-à-dire une citation environnementale, économique et sociale.
- Les élèves auront donc comme tâche d'identifier à travers une situation donnée des principes de développement durable.²³
- **Une approche interdisciplinaire et participative**
- Participative par ce qu'il s'agit de mettre en action les élèves et de les faire participer à un véritable projet au sein de l'école ou de l'établissement ou de la région.
- Interdisciplinaire par ce que nous n'avons pas une approche disciplinaire à proprement parler, mais les élèves sont amenés à tisser des liens entre les disciplines et finalement à constituer à conduire un projet important au sein de la région.
- Ce niveau d'intégration d'un lieu à une véritable pédagogie par projet ; c'est-à-dire que par exemple les élèves sont invités à mettre en un agenda 21 d'établissement scolaire, ou les élèves doivent collaborer avec les autorités pour essayer d'identifier ce qui permettrait à l'établissement d'économiser de l'énergie ou d'avoir une approche développement durable²⁴.
- **Une remise en question des fondements et des valeurs**
- Ce niveau est d'une complexité supérieure, car il ne s'agit pas simplement d'insuffler quelques éléments de développement durable dans les cours et dans les disciplines
- Il s'agit véritablement de remettre en question les fondements et les valeurs de l'école.

²¹ Laurent Dubois, université de Genève, janvier 2017, version vidéo en ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=Vghl5qriX2A>

²² Collaboration pédagogie & architecture dans les écoles : utopie ou réalité ? version PDF, P11

²³ Idem 22

²⁴ Laurent Dubois, université de Genève, janvier 2017, version vidéo en ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=Vghl5qriX2A>

- Pour intégrer véritablement développement durable dans les écoles, il faut certainement revoir et remettre en question passablement des choses et les pratiques dans les écoles.²⁵

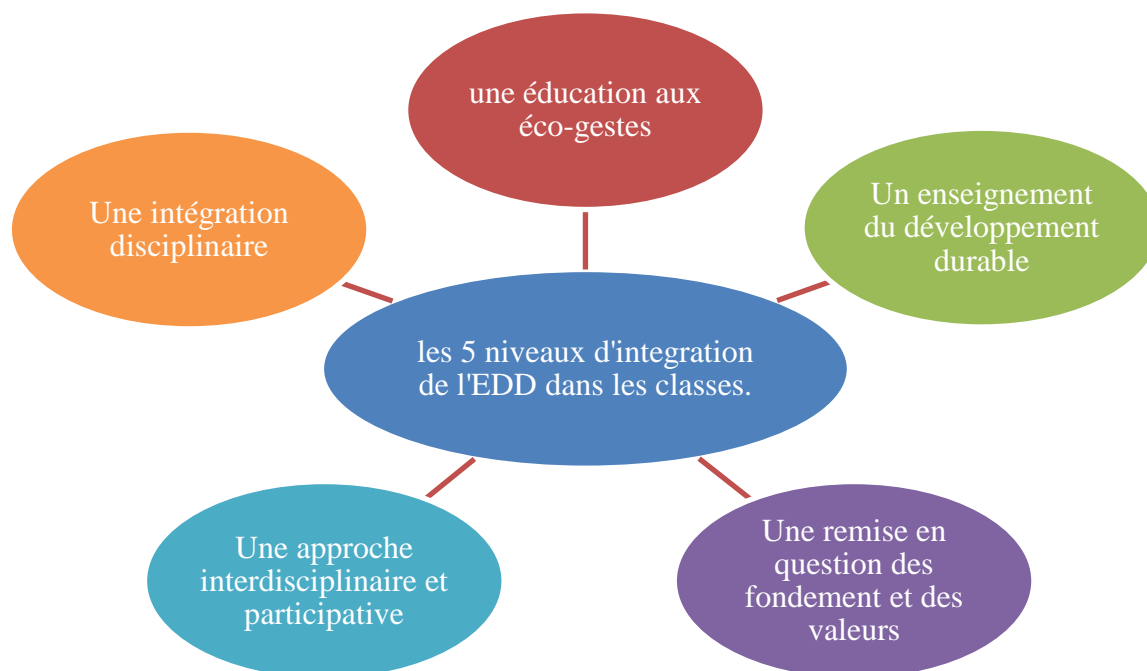


Figure 1: Les 5 niveaux d'intégration de l'éducation au développement durable dans les classes

Source : Laurent Dubois, Université de Genève

I.2.9 Pédagogie des intelligences multiples

Si l'on demande aux élèves « qui pense être intelligent ? », seuls quelques élèves lèvent la main, ce sont essentiellement les élèves qui se reconnaissent dans l'école. D'une manière générale, il est difficile de s'estimer intelligent, car cette notion regroupe différentes dimensions.

a) Définitions de pédagogie

Selon Mialaret²⁶ : la pédagogie est une réflexion sur les finalités de l'éducation et une analyse objective de ses conditions d'existence et de fonctionnement ; elle est en rapport direct avec l'action éducative qui constitue son champ de réflexion et d'analyse, sans toutefois se confondre avec elle.

b) Historique

- 1904 : Test d'intelligence Binet-Simon : échelle métrique de l'intelligence a pour but de mesurer le développement de l'intelligence (le quotient intellectuel). C'est un test dont les items reposent sur l'intelligence verbale et linguistique d'une part, sur l'intelligence logico-mathématique d'autre part.
- Howard Garner (psychologue cognitiviste et professeur de neurologie) conteste l'idée de réduire l'intelligence au simple quotient intellectuel. Ces recherches ont donné naissance à une nouvelle définition du concept d'intelligence.²⁷

²⁵ Idem 22

²⁶ Gaston Mialaret est un pédagogue français, professeur à l'université de Caen.

²⁷ Garas Véronique, Chevalier Claudine, Meddeb Élodie. Les Intelligences Multiples : une autre différenciation pédagogique. *Les cahiers innover & réussir* 2010, n°15, p. 48.

c) *Une nouvelle définition de l'intelligence selon Gardner*

L'intelligence humaine est définie comme ayant trois composantes :

- Un ensemble de compétences qui permettent à un individu de résoudre des problèmes rencontrés dans la vie courante ;
- La capacité à créer un produit réel ou à offrir un service qui ait de la valeur dans une culture donnée ;
- La capacité à se poser des problèmes et à trouver des solutions à ces problèmes, capacité permettant en particulier à un individu d'acquérir de nouvelles connaissances.

A cette définition, Gardner ajoute les mots clés suivants :

- Tout être humain possède les huit intelligences
- Au cours de leur vie, la plupart des êtres humains peuvent développer chaque intelligence jusqu'à un bon niveau de compétence
- Dans la plupart des cas, les intelligences sont utilisées ensemble de manière complexe
- Il y a de nombreuses manières d'utiliser chaque intelligence.

Howard Gardner précise : « L'essence de la théorie des intelligences multiples est le respect des nombreuses différences parmi les individus, les innombrables variations dans leurs manières d'apprendre, les différents modes par lesquels ils peuvent être évalués, et les manières presque infinies par lesquelles ils peuvent laisser leur trace dans le monde. »

d) *Les huit intelligences*

- L'intelligence linguistique
- L'intelligence logico-mathématique
- L'intelligence intrapersonnelle
- L'intelligence interpersonnelle
- L'intelligence visuo-spatiale
- L'intelligence kinesthésique
- L'intelligence musicale
- L'intelligence naturaliste

(Consulter l'annexe N°01 : pour plus de détails)

e) *Quels sont les apports des intelligences multiples ?*

• **Pour les élèves**

Ils apprécient cette démarche et se montrent très **motivés**. Elle leur permet d'**exprimer tout leur potentiel**, souvent bien au-delà des attentes des enseignants.

Ils prennent ainsi **confiance en eux**. Les élèves les plus en difficulté prennent conscience qu'ils peuvent tout aussi bien réussir que leurs camarades et acquérir les compétences et les savoirs attendus en utilisant d'autres chemins d'accès.

Le risque d'enkystement des difficultés est réduit.

Quel que soit le niveau des élèves ils trouvent tous, dans la démarche des Intelligences Multiples une **source de progrès**. Pour ceux qui sont les plus avancés dans les apprentissages, la possibilité qui leur est offerte d'approfondir un sujet leur évite l'ennui.

L'autonomie est renforcée par l'habitude que prennent les élèves de gérer leur participation aux divers ateliers.²⁸

- **Pour les enseignants**

« La mise en place de cette démarche d'apprentissage change, c'est certain, des pratiques de classe conventionnelles et oblige l'enseignant à se poser bien plus de questions... »²⁹

Utiliser la démarche des Intelligences Multiples, c'est faire le choix d'un **changement de posture pédagogique**. En début de séquence, il est organisateur, accompagnateur. En fin de séquence, il apporte des connaissances, synthétise l'ensemble des acquis et structure les savoirs à acquérir.

Le rôle de l'enseignant est évidemment primordial dans la mise en place des séquences. Il doit **prendre soin de développer toutes les formes d'intelligence** et éviter de renforcer seulement celles qui sont dominantes et que les élèves utilisent spontanément par facilité.³⁰

1.2.10 Synthèse

L'intégration de pédagogie des intelligences multiples aide les enfants à améliorer ces intelligences grâce à la variation des disciplines abordées et les espaces les abritant, ce qui stimule sa créativité et participe à son éveil scientifique.

²⁸ Individualiser les enseignants : la pédagogie au prisme des intelligences multiples, éducol, version pdf, p 4

²⁹ Garas Véronique, Chevalier Claudine, Meddeb Élodie. Les Intelligences Multiples : une autre différenciation pédagogique. *Les cahiers innover & réussir* 2010, n°15, p. 48.

³⁰ Gaston Milaret est un pédagogue français, professeur à l'université de Caen.

I.3 Volet 02 : Durabilité

I.3.1 Introduction

La notion de l'environnement, puis celle du développement durable sont des notions assez récentes, très en vogue depuis quelques dizaines d'années et font actuellement partie des expressions de la vie courante, aussi bien sur la langue que dans les écrits des spécialistes de la communication. Ces deux notions sont introduites dans les politiques de la quasi-totalité des pays du monde et ont fini par devenir une partie intégrante de nos enseignements et ce, à partir de l'école primaire.

I.3.2 Développement durable

a) Définition

Selon la définition proposée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le Rapport Brundtland : « Un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». ³¹

D'après le rapport de Brundtland, La notion de développement durable consiste deux concepts inhérents :

Le premier, le concept de besoin qui est considéré comme un concept prioritaire car ses besoins sont définis essentiel des plus démunis. Et le concept de limitations qui est imposé par l'état de nos techniques et de notre organisation sur la qualité de l'environnement. Ces deux concepts ont pour but de répondre aux besoins actuels et à venir de l'être humain.

I.3.3 Architecture durable

a) Définition

« C'est une architecture dont les trois notions fondamentales écologie, économie et société doivent y trouver un équilibre. » ³²

b) Enjeux clé de l'architecture durable

L'architecture durable a comme investissement clé :

- Une meilleure maîtrise de consommation énergétique dans un bâtiment et cela en réduisant les besoins et en production de l'énergie.
- Une meilleure isolation thermique pour offrir une meilleure réduction énergétique dans un bâtiment
- Une meilleure orientation conceptuelle d'un bâtiment selon les conditions du terrain permet de maximiser les apports d'énergies naturels et de minimiser les pertes d'énergies.

c) Objectifs de l'architecture durable

L'architecture durable a comme défi d'offrir un meilleur cadre de vie soit en confort ou en santé, tout en préservant l'environnement et cela par :

- L'amélioration de notre bien-être.

³¹ Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier - Méthode ADEQUA - Frédéric CHERQUI 2005 ; Définition du principe de développement durable énoncée en 1987 par Gro Harlem Brundtland, Ancienne Présidente de la commission Mondiale sur l'environnement et de développement.

³² la construction durable. l'architecture durable , 2014 consulter (<https://www.picbleu.fr/page/la-construction-durable>)

- La durabilité de nos ressources naturelles
- La réduction de l'énergie consommée.
- La réduction de l'impact environnemental

I.3.4 Quelques labels et certification

- Label français HQE (haute qualité environnemental)
- Label britannique BREEM
- Label Suisse minergie
- Label américain LEED
- Label allemand Passivehaus

(Consulté l'annexe 02 pour plus de détails)

I.3.5 Principes de base de l'architecture durable

a) *Forme de l'enveloppe (compacité)*

La compacité d'un bâtiment est mesurée par le rapport entre la surface des parois extérieures et la surface habitable. Plus ce coefficient est faible, plus le bâtiment sera compact. La surface de l'enveloppe étant moins importante, les déperditions thermiques sont réduites. Plus le bâtiment sera compact (c'est-à-dire proche d'un cube ou d'une boule) plus ses performances thermiques seront améliorées, plus il sera économe en énergie.

La compacité permet pour un même volume de réduire les surfaces déprédatives.

Le coefficient de forme mesure le rapport de la surface déperdition au volume habitable (m^2/m^3),

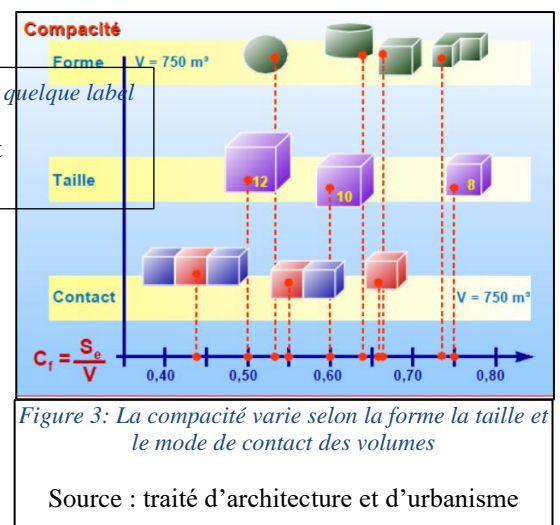
Il indique le degré d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques.

b) *Implantation*

L'implantation judicieuse d'un édifice est la tâche la plus importante pour l'architecte.

Figure 2: Echelle chronologique de création de quelque label

Source : www.researchgate.net



Elle détermine l'éclaircement, les apports solaires, les déperditions de chaleur, les différentes possibilités d'aération.

a) Orientation :

L'orientation d'un édifice répond à sa destination.

Les besoins en lumière naturelle, l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer ou au contraire la nécessité de s'en protéger pour Éviter la surchauffe, l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou rafraichir en été, sont autant de paramètres importants dans le choix de l'orientation.

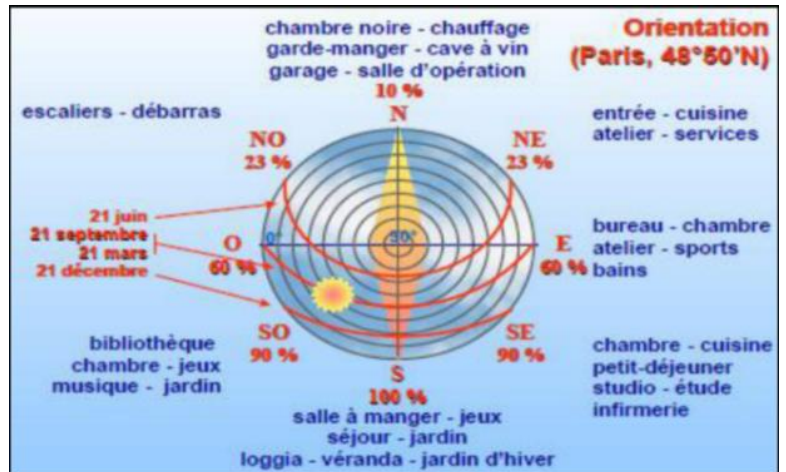


Figure 4: L'orientation de l'édifice par rapport aux vents et au soleil

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme

b) L'inertie interne

Pour éviter des changements brutaux de température dans le bâtiment, des murs et des sols épais seront capables d'atténuer ces variations en stockant la chaleur excessive des journées d'été pour la restituer la nuit. En hiver, ce véritable piège à soleil permet également d'emmagasiner les précieuses calories pour faire face aux nuits et aux jours plus froids.

c) Végétation, fontaines et bassin d'eau

La conception des espaces extérieurs fait partie intégrante de la mission de l'architecte. La démarche bioclimatique intègre le traitement de la végétation et de l'eau dans la conception du bâtiment

- Par sa masse thermique élevée, l'eau atténue les fluctuations de température ; en retirant de la chaleur à l'air pour passer à l'état de vapeur, elle réduit la température ambiante.
- La végétation procure de l'ombrage et réduit donc l'insolation directe sur les bâtiments et les occupants ; elle réduit localement la vitesse du vent et diminue les pertes par convection du bâtiment.

d) Matériaux de construction durable

Parmi les matériaux de gros œuvre, on distingue généralement les matériaux usuels (Briques, parpaings), les blocs isolation répartie (béton cellulaire, brique de terre cuite alvéolaire) et le bois. Classiquement on utilise le parpaing creux ou la brique creuse. Ils présentent néanmoins des performances

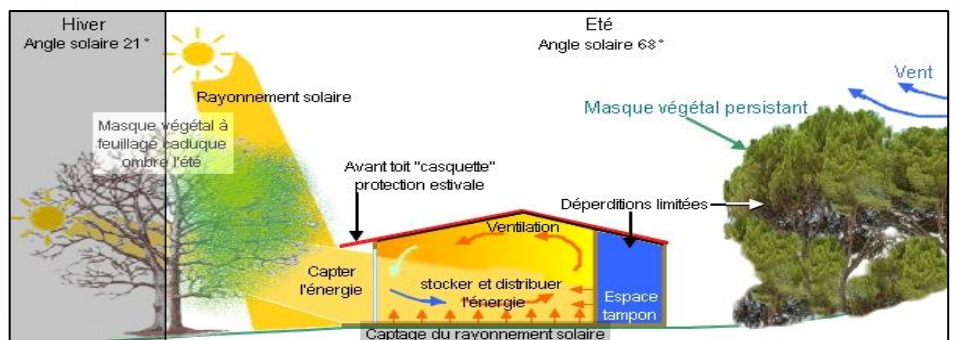


Figure 5: Principe de base d'une conception bioclimatique

Source : traité d'architecture et d'urbanisme

Thermiques relativement faibles et doivent être systématiquement associés à des isolants. Ces deux matériaux Possèdent par ailleurs des temps de transferts faibles de la chaleur, occasionnant Des surchauffes rapides en été. Il existe néanmoins des alternatives qui présentent, Comme les matériaux usuels, des qualités remarquables en termes de mise en œuvre, de conception ou encore de résistance mécanique.

e) *Energie renouvelable*

Les énergies renouvelables sont des énergies exploitables par l'homme, d'une manière que ses fournitures ne s'épuisent pas avec le temps. D'une autre manière la vitesse de la formation des réserves de cette énergie doit être plus grande que la vitesse de son utilisation.

Il existe quatre types d'énergie renouvelable utile en architecture qu'on essaiera d'énumérer comme suit :



Figure 6: Energie éolienne

Source : www.google.com

a- **L'énergie solaire** : C'est une énergie dont sa source est le soleil et elle est fournie par les rayons de cette dernière. il y a deux types d'énergie solaire selon la méthode de son emploi qui sont comme suit :

- **Énergie solaire photovoltaïque** pour obtenir, grâce à ses cellules, de l'électricité directe (stockée en batteries ou injectée dans un réseau).
- **Énergie solaire thermique** pour produire de l'eau chaude sanitaire et de l'eau de chauffage grâce aux capteurs.

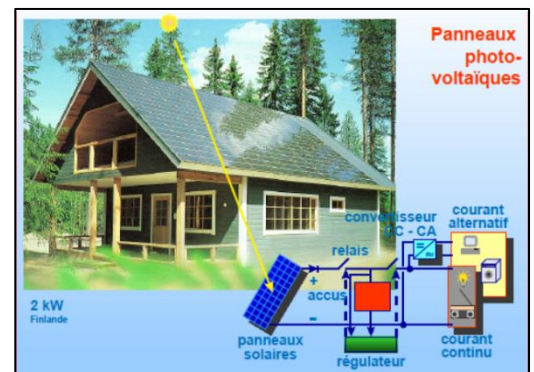


Figure 7: Panneau photovoltaïque

Source : traité d'architecture et d'urbanisme

b- **Énergie éolienne** : C'est une énergie qui a pour but d'obtenir une force mécanique ou de l'électricité directe à travers le vent.

c- **Énergie géothermique** : L'énergie géothermique désigne l'énergie créée et emmagasinée dans la terre sous forme thermique. et elle se trouve sous forme 3 types :

- La géothermie à haute énergie.
- La géothermie à basse énergie.
- La géothermie à très basse énergie

d- **Biomasse** : L'énergie est issue de la combustion de matériaux dont l'origine est biologique (ressources naturelles, cultures ou déchets organique). On distingue trois catégories principales :

- Le bois.
- Le biogaz.
- Les biocarburants.

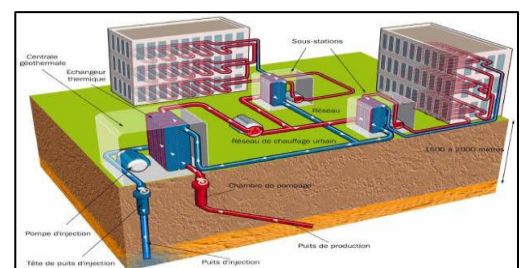


Figure 8: Energie géothermique

Source : traité d'architecture et d'urbanisme

I.3.6 Stratégies de durabilité dans les bâtiments

a) Stratégie de chaud pour l'hiver

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.

Capter : L'hiver on a le maximum d'entrée solaire au Sud. On ne capte rien au Nord, et très peu à l'Est et à l'Ouest. Plan d'habitat très orienté au sud, c'est-à-dire :

- De grands vitrages aux sud avec, plutôt les pièces de vie au sud et plutôt les pièces de service au nord
- Eviter les masques aux entrées solaires d'hiver (masques propres au bâtiment autant que les masques proches)

Stocker : L'inertie par absorption

- Prévoir une inertie intérieure par absorption suffisante pour que le captage solaire direct ait un bon rendement de récupération.
- Dallages, dalles, refends en maçonnerie.

Distribuer : Il s'agit de distribuer l'apport solaire entré par les ouvertures au sud

- Par les mouvements d'air avec des thermosiphons naturels (ou mécaniquement forcés).
- Par les murs et dalles servant à stocker les apports et étant en contact avec des espaces ne recevant pas le soleil.

Conserver : Il s'agit de d'éviter les pertes vers l'extérieur des apports solaires et des apports provenant des dispositifs de chauffage. Moyens :

- Avoir une bonne isolation de l'enveloppe (murs, toiture, sol) de l'habitat (isolants, double vitrage, éviter les ponts thermiques, menuiseries de qualité posées au droit de l'isolant, etc.) (avantage des structures bois)
- 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 :

- Garder des formes simples
- Construire sur deux niveaux
- Ne vitrer que selon les normes de l'éclairage naturel sauf au sud (1/5ème de la surface du plancher environ)
- Disposer des espaces tampons au nord (plutôt les pièces de service, rangement, atelier, garage...).
- Mais aussi des doubles peaux, etc.

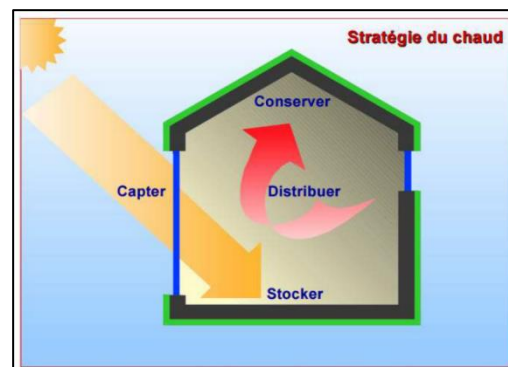


Figure 9: Stratégie de chaud pour l'hiver

Source : traité d'architecture et d'urbanisme

b) Stratégie de froid pour l'été

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.³³

Se protéger : Il s'agit de se protéger au maximum des entrées solaires par les ouvertures. Au moyen :

- De brise-soleils horizontaux au Sud
- De brise-soleils verticaux à l'Est et à l'Ouest
- Ne pas faire d'ouverture zénithale.

Eviter : 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

Dissiper : Il s'agit de dissiper l'air chaud rentré dans le bâtiment pendant la journée, ou l'air chaud produit par les activités à l'intérieur du bâtiment

- Par une ventilation nocturne naturelle
- L'idéal est d'avoir une ventilation transversale
- On peut aussi avoir une ventilation verticale et profiter d'un thermosiphon naturel

Rafrachir : Il s'agit par un dispositif mécanique ou naturel d'apporter de la fraîcheur dans le bâtiment quelques possibilités simples :

- Présence de l'eau (mouvement d'air > évapotranspiration)
- Présence de la végétation (mouvement d'air évapotranspiration)

I.3.7 Les paramètres qualitatifs environnementaux des établissements scolaires

L'architecture scolaire environnementale consiste en l'intégration de l'ensemble des paramètres environnementaux techniques, qu'ils soient climatiques, sanitaires, énergétique, ou qu'ils concernent les confort, l'entretien, les aspect architecturaux et socioéconomique, durant les différentes phases du processus global de conception et réalisation des bâtiments éducatifs. Le lien entre environnement et apprentissage le plus évident et le plus reconnu, dans le domaine de l'éducation, et le besoin d'un confort minimal pour pouvoir se concentrer sur les études. Dans les établissements scolaires, le confort environnemental a un impact direct sur les performances intellectuelles et le comportement des élèves.

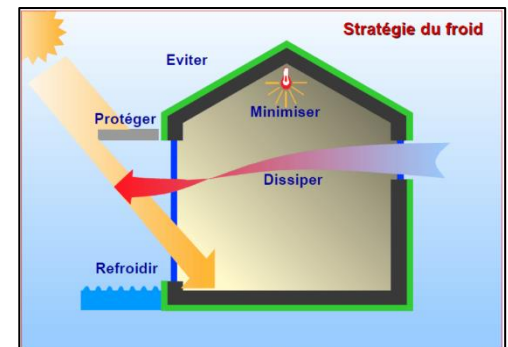


Figure 10: stratégie de froid pour l'été

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

³³ Alain Liébard et André De Herde, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique 2005 Page 32a.

C'est pour cette raison que la santé et le bien être des utilisateurs d'équipement scolaires, sont les principaux objectifs de la qualité environnementale³⁴.

Il y a d'autres paramètres qui entrent en ligne de compte tels que :

- ✓ Volume de l'espace, proportion spatiales, forme de limites.
- ✓ Aménagement intérieur, mobilier.
- ✓ Hygiène, gestion des déchets.
- ✓ Densité d'occupation de l'espace.
- ✓ Matériaux et techniques de construction utilisées.
- ✓ Disposition des espaces, fonctionnement.
- ✓ Mesures de sécurité, protection contre tout source de danger.

a) Le choix du site

- ✓ La compatibilité du terrain proposé avec les exigences de la planification des activités scolaires existantes et futures.
- ✓ Les possibilités d'accès et la proximité des arrêts de transports publics.
- ✓ Les distances à parcourir par les élèves et les mesures prises pour éviter les dangers de la circulation.
- ✓ Le terrain doit bénéficier d'un bon ensoleillement. Il devrait être à l'écart des sources de bruit et de pollution de toute nature, ainsi qu'à l'abri des vents violents ;
- ✓ L'orientation est fonction des conditions climatiques, des vues, de l'ensoleillement, de l'éclairage. Elle doit correspondre à la conformation architecturale et à l'affectation des salles (classes normales, classes spéciales, services) ;
- ✓ Les implantations de bâtiments engendrant des perturbations réciproques (bruit, relations visuelles directes gênantes, etc.) doivent être évitées.

b) La conception architecturale

« Comme règle générale, la conception de l'école devrait pouvoir fournir un environnement éducatif approprié pour apprendre. Ainsi le rapport des différents éléments de l'école devrait être clairement défini. La conception d'école est la conséquence de l'organisation de ces éléments sur un emplacement donné selon le type du rapport entre les différents éléments. Un bon environnement éducatif peut être obtenu par une bonne organisation organique de l'espace³⁵.

Il est parfaitement possible d'assurer à la fois une bonne qualité architecturale, une excellente qualité de l'environnement intérieur et une très faible consommation d'énergie au moyen d'une conception intelligente et multidisciplinaire dont les principaux éléments conceptuels sont :

- L'organisation spatiale ;
- L'insertion du projet dans son environnement ;
- Le choix du parti architectural ;
- L'orientation des constructions ;

³⁴ Thèse « L'impact de la qualité environnementale des établissements scolaires sur la performance du système éducatif en Algérie »

³⁵ AÏCHE Messaoud, *The improvement of school building design in rural areas in Algeria with particular reference to the region of Mila*, thèse de magistère. Sheffield, University of Sheffield, soutenue en septembre 1987, 139p.

- La flexibilité des espaces.

c) Le choix des matériaux et procédés de construction

Il est utile de noter qu'il n'existe pas de liste de procédés ou de matériaux de construction environnementaux. Tous les produits possèdent des caractéristiques environnementales et sanitaires différentes, comme le sont d'ailleurs leurs caractéristiques techniques.

Parmi les critères de base relatifs au choix de ces matériaux on peut citer :

- Privilégier les matériaux naturels (biomatériaux), à base de matières premières renouvelables ;
- Choisir des matériaux sains et écologiques ;
- Employer des matériaux issus de produits recyclés ;
- Utiliser les matériaux homogènes recyclables (renouvelables) ;
- Opter pour les matériaux peu énergivores (économies en énergie durant la fabrication, le transport, et l'entretien) ;
- Exclure le recours aux matériaux nocifs pour la santé ;

I.3.8 Synthèse

D'après les données précédentes ont conclu que notre projet va prendre en compte les points suivants :

- Le projet va être compact pour minimiser les déperditions thermiques.
- Il va être orienté et implanter d'une façon permet à bénéficier des apports solaires en hiver, se protéger en été et favoriser l'éclairage naturel.
- On va utiliser des matériaux durables qui ont une grande inertie thermique pour minimiser les déperditions thermiques.
- Végétations, on va les intégrer pour réduire la vitesse du vent et l'eau pour réduire la température ambiante.
- Utilisation des énergies renouvelables adéquates au contexte.
- Utilisation des stratégies pour le cas le plus défavorable tenant compte des données climatiques du contexte.

I.4 Volet 03 : Flexibilité et multifonctionnalité en architecture

Ce volet aborde des notions et aspects liées à la multifonctionnalité et la flexibilité en architecture.

I.4.1 Définition de multifonctionnalité

Selon H. Zeidler : L'édifice multifonctionnel est un équipement remplissant à lui seul plusieurs fonctions de sorte que tout en tirant des avantages mutuels, cet équipement essaye de répondre aux besoins essentiellement urbains³⁶.

L'édifice multifonctionnel est un édifice qui englobe les fonctions principales de la vie humains, il réunit les gens aux moments les plus divers de la journée.

I.4.2 Les qualités spatiales de l'architecture flexibles et adaptable

Dans sa thèse, F. Nakib (2015)³⁷ intitulée 'Lieux scolaires flexibles et adaptables' a caractérisé avec exactitude les variables conceptuelles (aspects conceptuels) pour l'architecture flexible et adaptable en s'appuyant sur une documentation variée. Les qualités spatiales déterminées sont particulièrement pertinentes pour la flexibilité et l'adaptabilité de l'espace architectural. Ces qualités sont indiquées ci-dessous :

a) Multifonctionnalité

D'après Agnès Salacroup (1993)³⁸ « la flexibilité de l'espace va de pair avec l'idée de multifonctionnalisme, soit l'idée d'un espace sans fonction définie, d'un espace pouvant assurer plusieurs fonctions différentes ». Elle fait référence à la pluralité des fonctions qu'on peut attribuer à l'espace scolaire, et qui permet le déroulement d'une large gamme d'activités. Cela signifie à certains égards, la nécessité d'un aménagement à la fois flexible et amovible pour atteindre une multitude de configurations.

b) Mobilité

Assurer la mobilité spatiale semble être un moyen répandu de renforcer la reconfiguration de l'espace scolaire. Elle est assurée par l'emplacement des cloisons amovibles, des panneaux et tableaux d'affichage coulissants, sièges repliables, rangements encastrables et il existe plusieurs moyens qui sont mises en pratique aujourd'hui pour dégager le maximum d'espace suffisant pour les différentes activités.³⁹

c) Modularité

Le principe de base de l'architecture flexible et adaptable qui permet l'usage optimal de l'espace, un plan modulaire à base d'une trame bien définie favorise la division, l'association ou la réorganisation du plan selon les divers besoins.⁴⁰

³⁶ Livre architecture multifonctionnelle, Eberhard H.zeidler le moniteur, 1983

³⁷ Nakib, F. (2015). *Lieux scolaires flexibles et adaptables (modèles conceptuels pour les écoles publiques primaires en Algérie)*. Thèse pour l'obtention du grade de docteur en Sciences, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme d'Alger.

³⁸ Salacroup, A. (1993). *Le Japonisme en architecture*. Travail Personnel de Fin d'Études pour l'Obtention du Diplôme d'Architecte. L'École d'Architecture de Normandie, Darnétal. En ligne : <http://laurent.buchard.pagesperso-orange.fr/Japonisme/>

³⁹ Mémoire « L'impact de la flexibilité architecturale sur la qualité d'apprentissage pédagogique ».

⁴⁰ Idem 38

d) Variété

Le caractère de l'espace à fournir une diversité d'activités et un choix d'expériences, les élèves apprennent mieux dans des espaces variés, ludiques et récréatifs avec des ambiances ambitieuses et imaginatives où l'élève va explorer un environnement d'apprentissage stimulant⁴¹.

I.4.3 Objectifs de la multifonctionnalité

La mixité fonctionnelle n'est pas une valeur en soi prônée pour elle-même. Le rapport du Credoc⁴² montre qu'elle est censée participer à la mise en œuvre de deux grandes causes – le développement durable et l'égalité entre les citoyens-, auxquelles peut s'ajouter une 3ème, le renforcement des centralités, relevant proprement de l'aménagement. Elles peuvent être appelées sélectivement ou cumulativement par le porteur de projet. La mixité fonctionnelle est donc utile pour :

La ville des courtes distances : Dans une optique de développement durable, en créant des quartiers fonctionnellement mixtes le but est de limiter les déplacements (les pollutions et les émissions de gaz à effet de serre).

La régénération économique : Dans une optique de réduction des inégalités territoriales, cet objectif vise plus particulièrement les quartiers en renouvellement urbain

Le renforcement des centralité urbaines fragiles : une dimension sociale avec la recherche d'une « ville vivante » par la mise en œuvre d'une « ville intense » et d'une dimension économique, la concentration des activités économiques entretenant l'attractivité de la ville.⁴³

I.4.4 Synthèse

Les zones urbaines multifonctionnelles et interconnectées peuvent devenir des endroits où on peut vivre, travailler et se cultiver.

La combinaison de ces multiples fonctions avec des espaces verts ou une matrice urbaine naturelle conduit à créer des espaces ouverts qui peuvent s'avérer de grande valeur ajoutée.

I.5 Conclusion du chapitre

Les notions développées dans ce volet, nous ont permis d'approfondir les connaissances sur la thématique de notre projet qui est l'éducation et les aspects liées à la durabilité et la multifonctionnalité, pour une bonne compréhension du thème et contribuer à bien aborder la phase conceptuelle du projet.

⁴¹ Mémoire « L'impact de la flexibilité architecturale sur la qualité d'apprentissage pédagogique ».

⁴² Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie

⁴³ La mixité fonctionnelle : un objectif à définir et à négocier au cas par cas, institut d'aménagement et d'urbanisme, PDF, page 7

CHAPITRE ANALYTIQUE

II.1 Introduction :

Dans ce chapitre on va analyser quelques exemples pour pouvoir sortir des informations, avoir un programme, des techniques et des formes ; afin de nous aider dans la conception et la maîtrise de notre projet.

EXEMPLE01 : ECOLE JEAN MOULIN



EXEMPLE02 : ECOLE PRIMAIRE DES SCIENCES ET DE LA BIODIVERSITE



EXEMPLES COMPLEMENTAIRES

II.2 Exemple 01 : Ecole Jean-Moulin :

II.2.1 Critère du choix :

On a choisi cet exemple pour :

- Son aspect formel : Sa forme est libre et fluide. Elle n'est pas comme les écoles ordinaires.
- Sa courbure comme une vague en crête pour créer un environnement stimulant et aéré pour les enfants.

II.2.2 Fiche technique :

Architectes : Richard + Schoeller Architectes

Localisation : 1 Rue Jean Moulin, 45200 Montargis, France



Figure 11: école Jean Moulin

Source : commons.wikimedia.org


Surface : 2800.0 m²


Année de la fin de projet : 2013

II.2.3 Situation :

L'école Jean-Moulin est située à Montargis, France, dans une zone urbaine.

 Le projet

 Route principale N7

 Route secondaire

II.2.4 Plan de masse :

L'école a une forme d'une vague en crête, influencée par la fluidité de l'eau.

Le projet est délimité par trois voies mécaniques, il est conçu comme une seule entité de Gabarit : R+ 1.

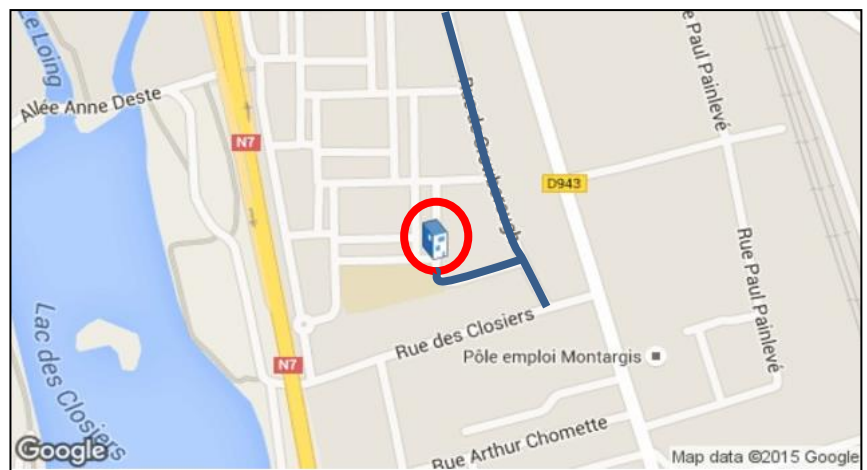


Figure 12: plan de situation école Jean Moulin

Source : archidaily.com



Figure 13: plan de masse école Jean Moulin

Source : commons.wikimedia.org traite par l'auteur

II.2.5 Organisation des espaces :

a) Plan Rez-de-chaussée :

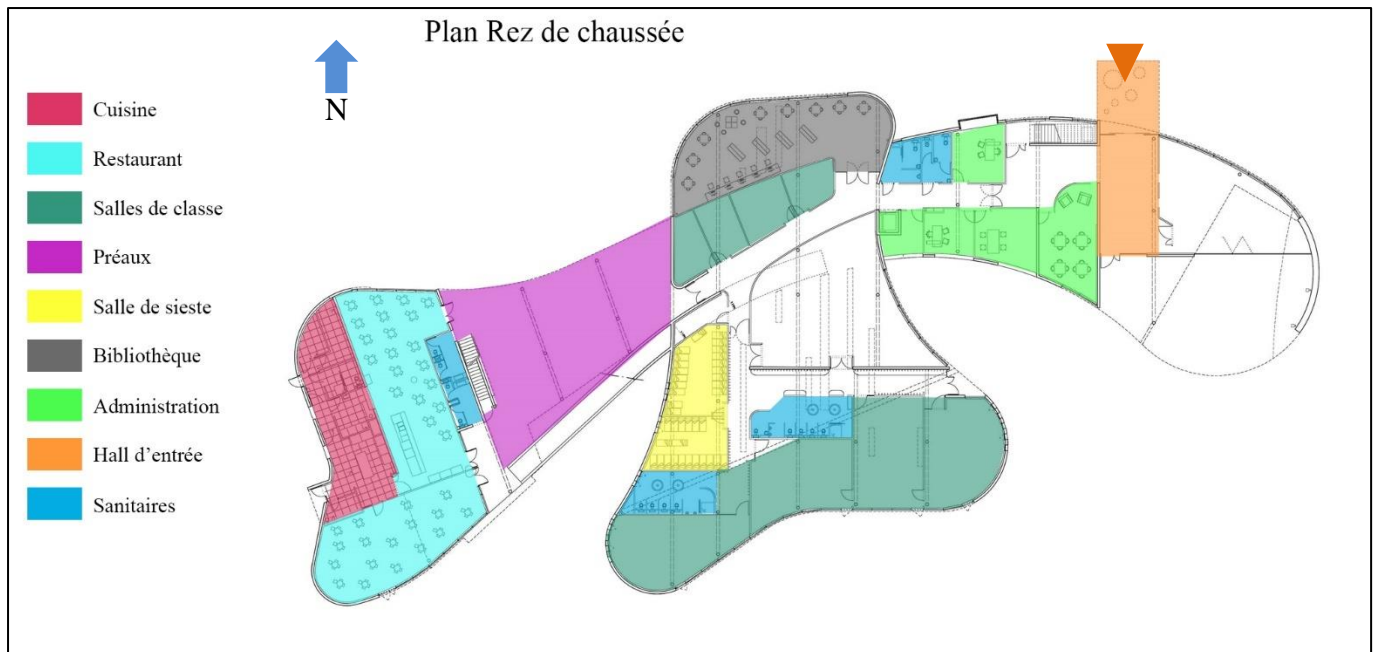


Figure 14: plan de rez-de-chaussée école Jean Moulin

Source : www.archdaily.com traité par l'auteur

Le plan de rez-de-chaussée : l'entrée principale est sur pilotis et contient des bureaux administratifs, 5 salles de classe, cour de récréation, bibliothèque, sanitaires et vestiaires restaurant et cuisine, 2 escaliers et 1 ascenseurs.

b) 1^{er} étage :

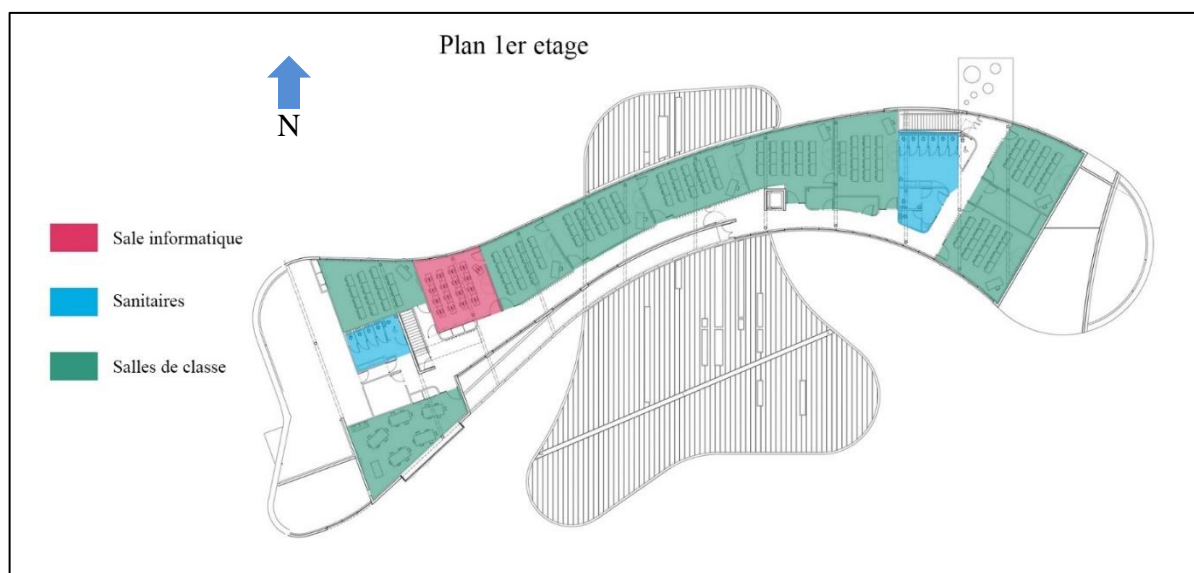


Figure 15: plan de 1er étage école Jean Moulin

Source : www.archdaily.com, traité par l'auteur

Le plan de 1^{er} étage contient : 9 salles de classe et atelier, salle d'informatique, sanitaires, 2 escaliers 1 ascenseurs.

c) *Plan toiture :*

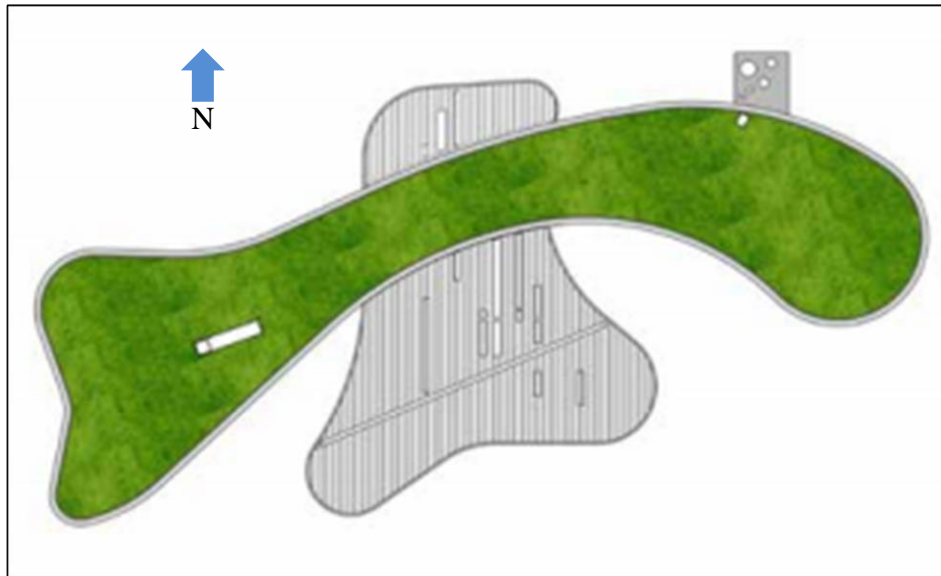


Figure 16 : plan de toiture école Jean Moulin

Source : www.archdaily.com, traité par l'auteur

Une toiture végétalisée et inclinée vers le sol.

Ce geste enveloppe l'entrée à laquelle on accède par un pavillon carré en saillie.

II.2.6 Volumétrie :

Le projet comprend deux volumes superposés de façon dynamique.

Le premier volume pour la maternelle, restauration et l'administration.

Et le deuxième volume réservé totalement pour les élèves de primaire

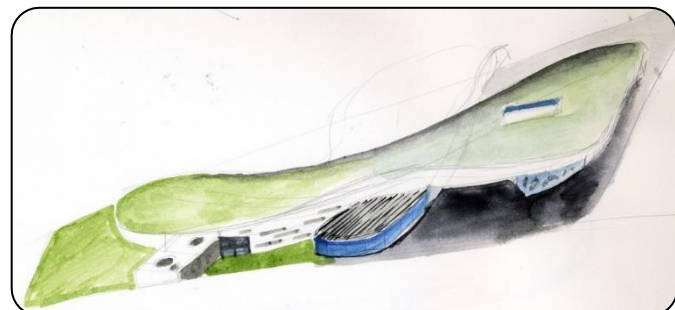


Figure 17: Volumétrie école Jean Moulin

Source : commons.wikimedia.org

II.2.7 Façades :

- Les façades permettent la ventilation et l'éclairage naturel par la transparence.
- Un vitrage généreux qui offre une variété des angles de vue et permet les rayons solaires d'accéder à l'intérieur de bâtiment.
- L'utilisation du béton blanc, le bois et le verre.

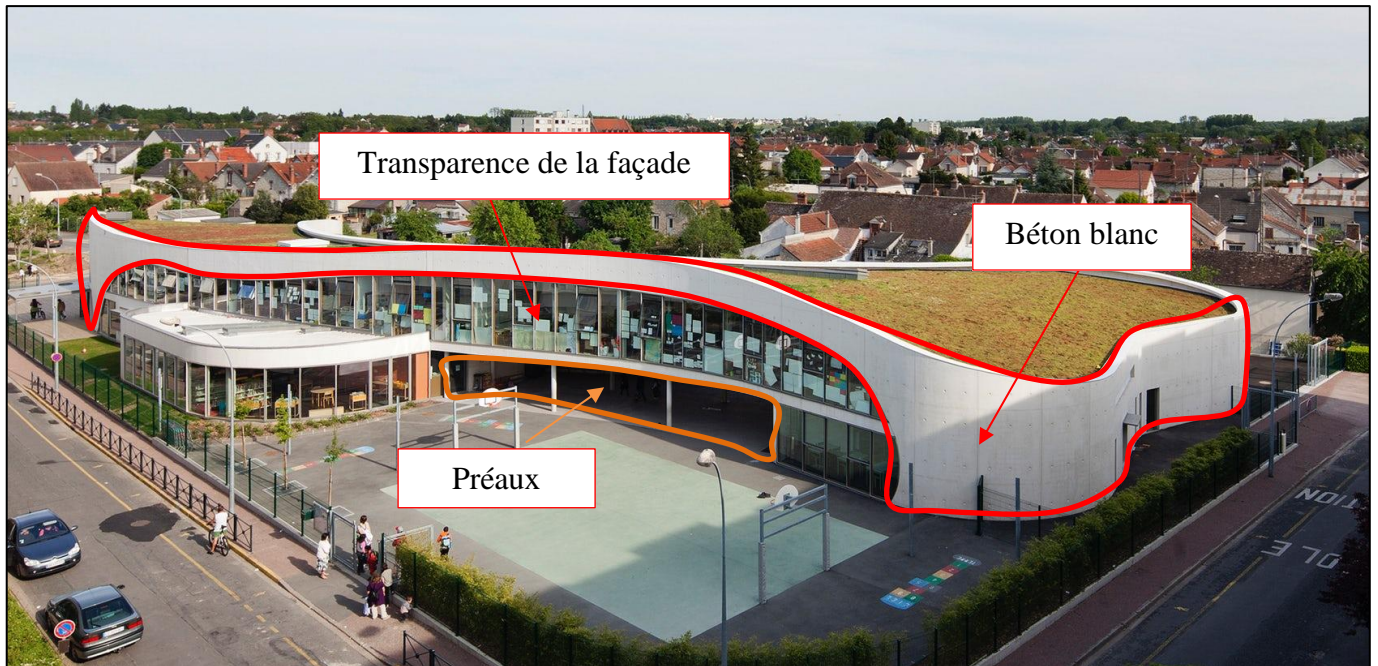


Figure 18 : analyse de la façade

Source : www.architizer.com, traité par l'auteur



Figure 19: Vues sur l'école

Source : www.architizer.com, traité par l'auteur

L'aspect le plus impressionnant du bâtiment réside dans la manière dont sa forme arrondie permet de créer des espaces ouverts sous le toit du volume principal du côté ouest, les enfants peuvent se rassembler sous le plafond de lattes de bois situé sous l'immeuble avant le début des cours ou pendant les vacances.

Une rampe longeant l'immeuble leur permet d'accéder facilement à leurs salles de classe situées à l'étage.

L'espace de la bibliothèque est tendu sous sa structure en bois, qui performe aussi sa correction acoustique.

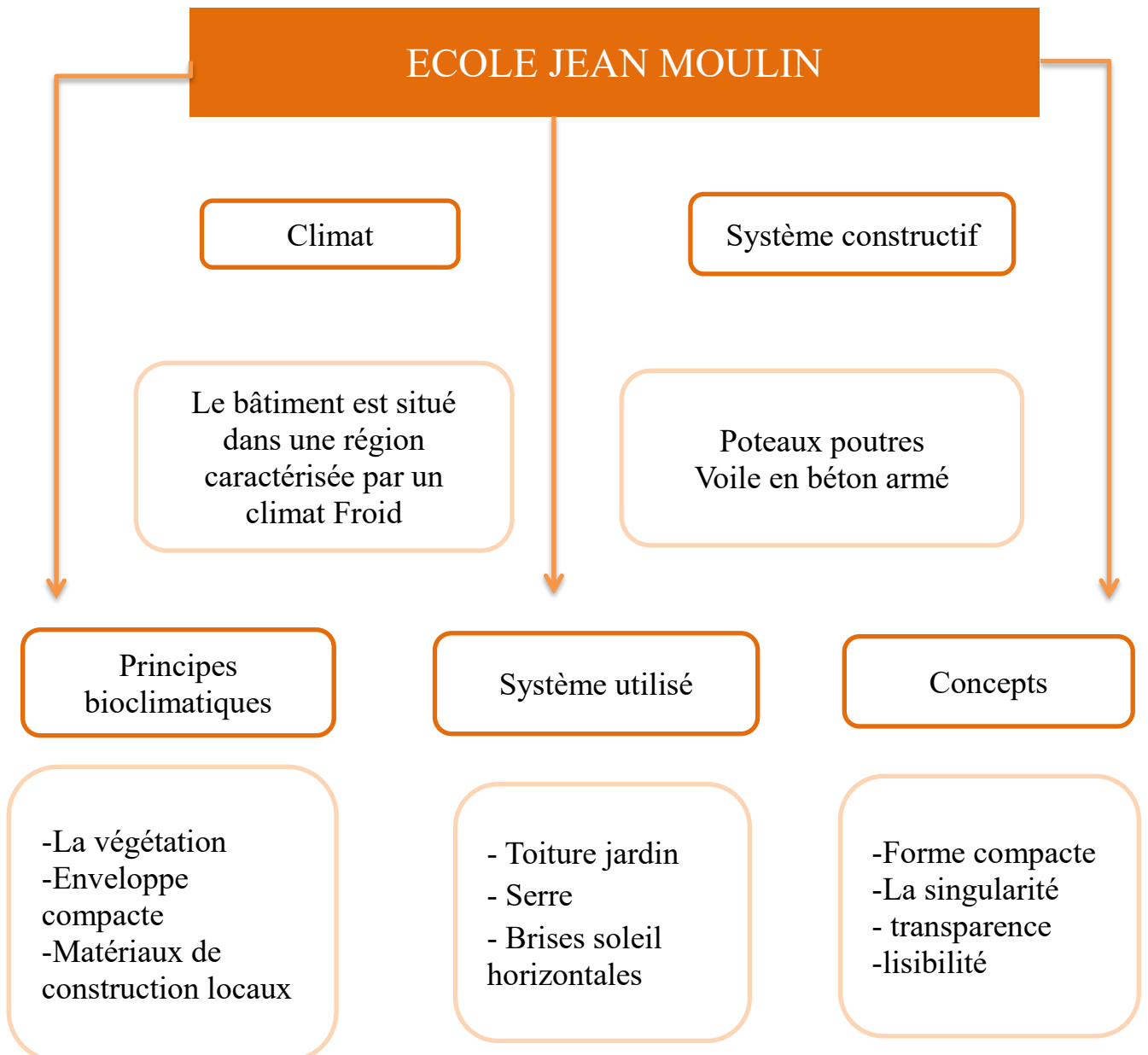
Les espaces intérieurs sont colorés pour attirer l'attention des enfants.



Figure 20: Vue intérieure sur la bibliothèque

Source : www.architizer.com

II.2.8 Synthèse :



II.3 Exemple 02 : Ecole primaire des sciences et de la biodiversité :

II.3.1 Critère du choix :

On a choisi cet exemple pour :

- La multifonctionnalité
- Sa volumétrie et systèmes liés à la durabilité, l'intégration environnement dans la façade de projet (la biodiversité)
- Son aspect formel : compacte
- Son programme mixte entre primaire et maternelle

II.3.2 Fiche de présentation du projet :

Localisation : ZAC Seguin Rive Seine Boulogne-Billancourt paris France

Maitrise d'ouvrage : SAEM Val de Seine

Architectes : Chartie dalix architectes



Figure 21: école primaire des sciences et de la biodiversité

Source : www.archdaily.com

II.3.3 Situation :

Situé sur la macro lot A4 Est, dans la ZAC "Seguin- Rives de Seine" à Boulogne-Billancourt sur les anciens terrains Renault, le bâtiment s'inscrit dans un site très densément bâti. Il se trouve alors porteur d'un enjeu particulier puisqu'il est appelé à devenir le cœur paysager de la macro lot.

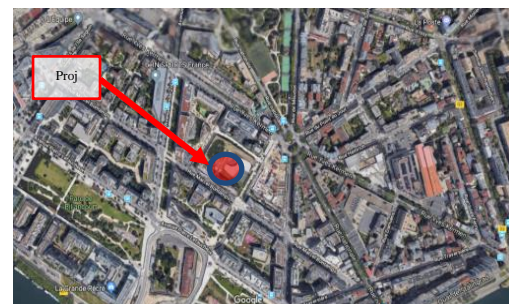


Figure 22 : Plan de situation

Source : google earth

II.3.4 Programme :

Groupe scolaire de 18 classes avec gymnase homologué et centre de loisirs

a) Groupe scolaire

- Une école maternelle de sept classes et son centre de loisirs avec restauration et cuisine (RDC)
- Une école élémentaire de onze classes et son centre de loisirs avec restauration (R+1, R+2, R+3)
- Une toiture végétale planté de sa surface et accessible de façon ponctuelle

b) Gymnase


- Gymnase pouvant accueillir des compétitions régionales (terrain de 44 x 24 m) et 250 spectateurs.
- Un logement de fonction

En infrastructure, le projet compte un niveau de parking exclusivement réservé au personnel du groupe scolaire et du gymnase.

II.3.5 Plan de masse :

Le projet est entouré par des voies mécaniques, il est conçu comme une seule entité, de Gabarit R+ 3

 Espace vert

 Cour de récréation

Orientation

Environnement immédiat avec vocation et gabarit.



a) Accessibilité et accès :

Figure 23: plan de masse

Source : google earth traité par



Figure 24: Accessibilité école des sciences et de la biodiversité

Source : archdaily.com, traité par l'auteur

b) Occupation de la parcelle :

Le projet c'est un bloc situé dans un ilot urbain

- Le projet occupe 100% de la surface du terrain
- La séparation des accès.

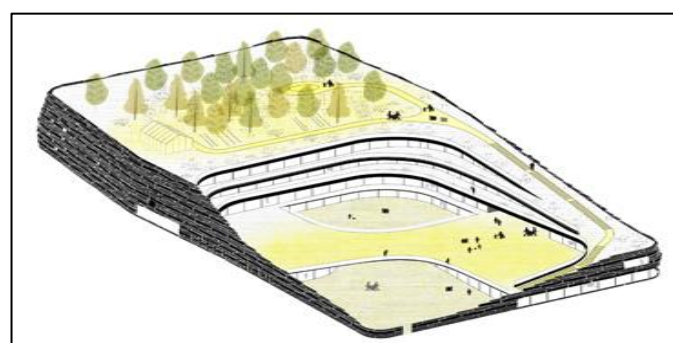


Figure 25: la volumétrie de projet

Source : www.ASArchiStudio.com

II.3.6 Organisation des espaces :

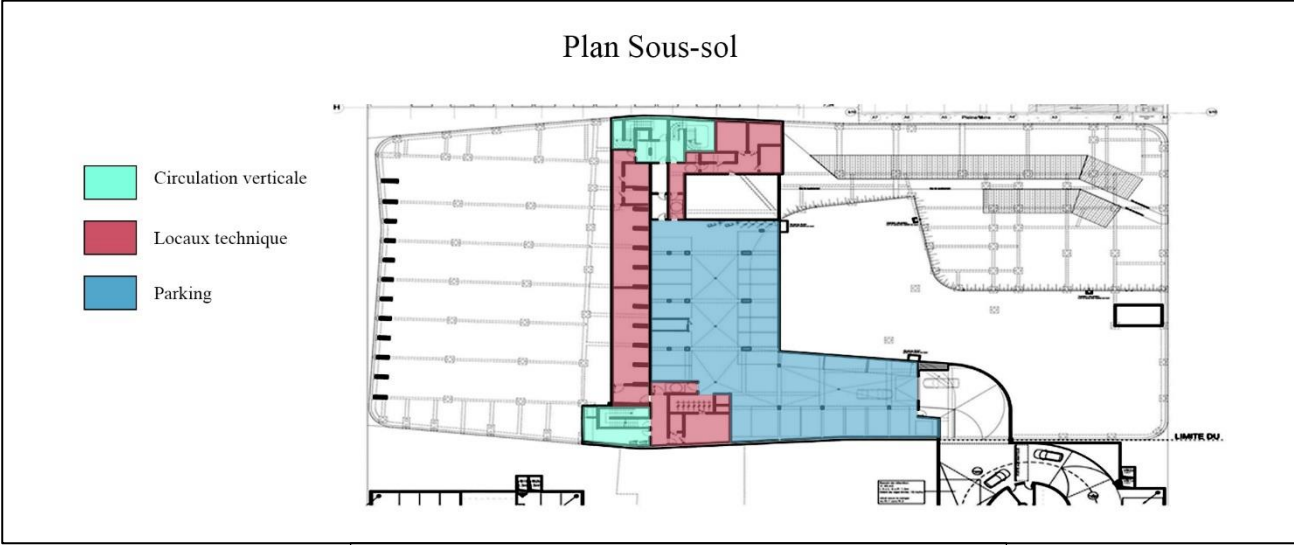


Figure 26: Plan sous-sol école des sciences et de la biodiversité
Source : www.ecoquarte/Chartiedalix.com traite par l'auteur

Le plan de sous-sol contient un parking et des locaux techniques La surface de ce niveau est : 1091m.

La circulation verticale est représentée sous forme de :

3 escaliers. 2 ascenseurs.



Figure 27: Plan rez-de-chaussée école des sciences et de la biodiversité
Source : www.ecoquarte/Chartiedalix.com traite par l'auteur

Le plan de rez-de-chaussée contient : une salle de sport, 10 salles de classe, restaurant, cour récréation, bureaux administratifs, sanitaires et vestiaires.

- La surface du gymnase : 2423,7m²

La circulation verticale est présentée sous forme de : 4 escaliers et 2 ascenseurs.

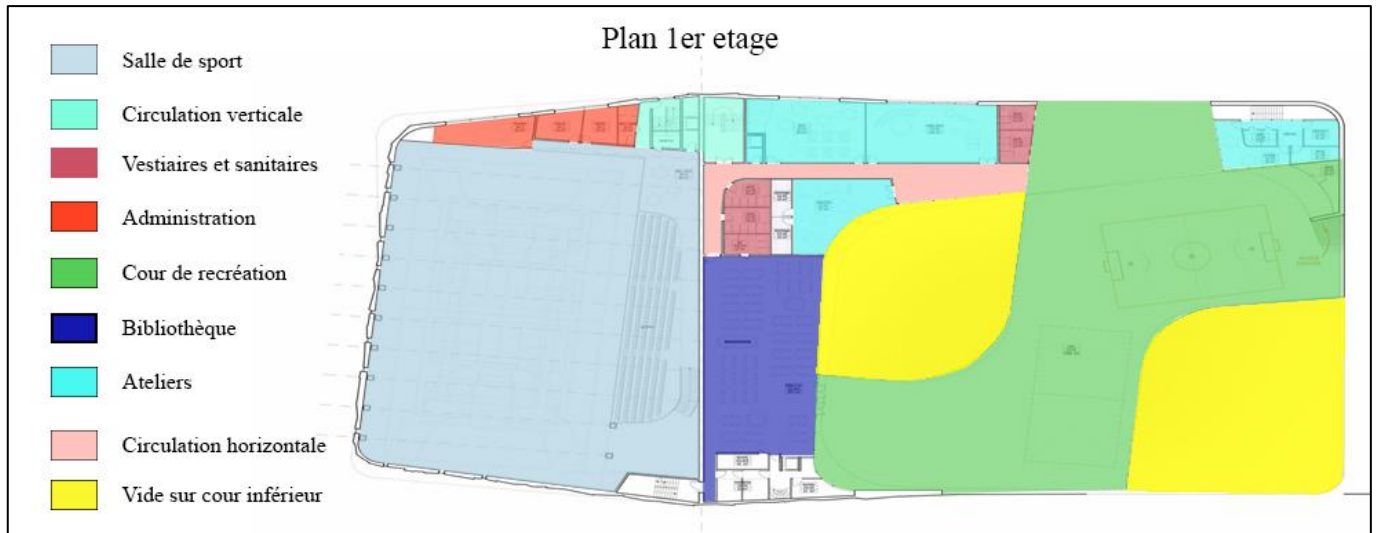


Figure 28: Plan 1er étage école des sciences et de la biodiversité

Source : www.ecoquarte/Chartiedalix.com traite par l'auteur

Le plan de 1^{er} étage contient : Bureaux administratifs, cour de récréation supérieur, bibliothèque, 3 ateliers, vestiaires et sanitaires

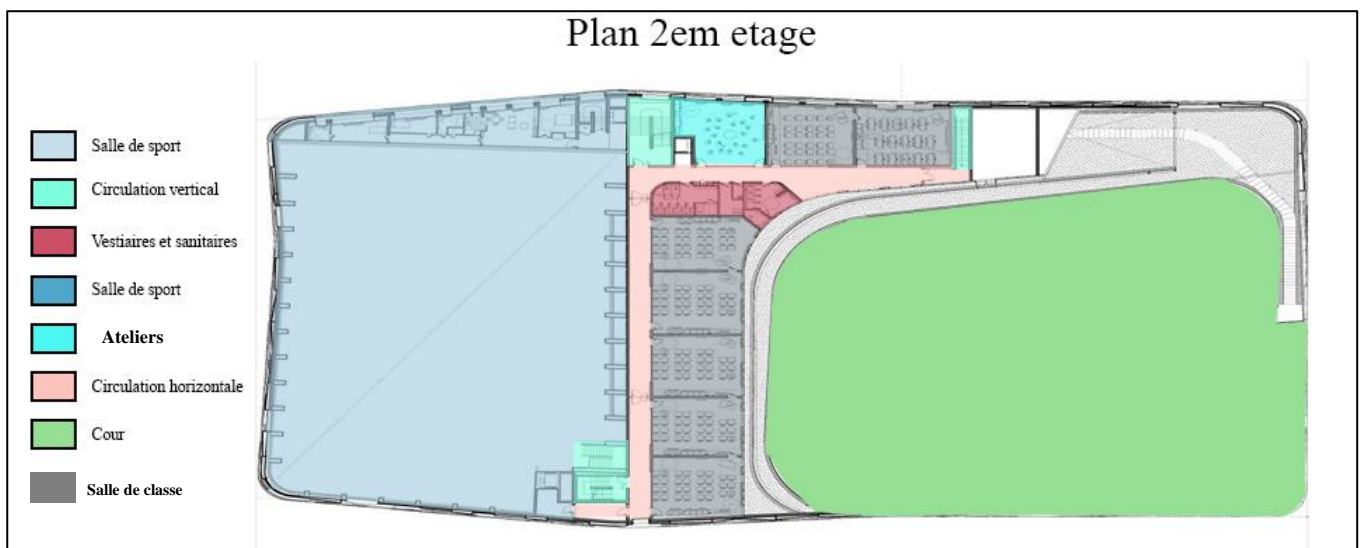


Figure 29: Plan 2em étage école des sciences et de la biodiversité

Source : www.ecoquarte/Chartiedalix.com traite par l'auteur

Le plan de 2eme étage contient : 7 salles de classe, Atelier, cour.

La circulation verticale est présentée sous forme : 3 escaliers 2 ascenseurs.

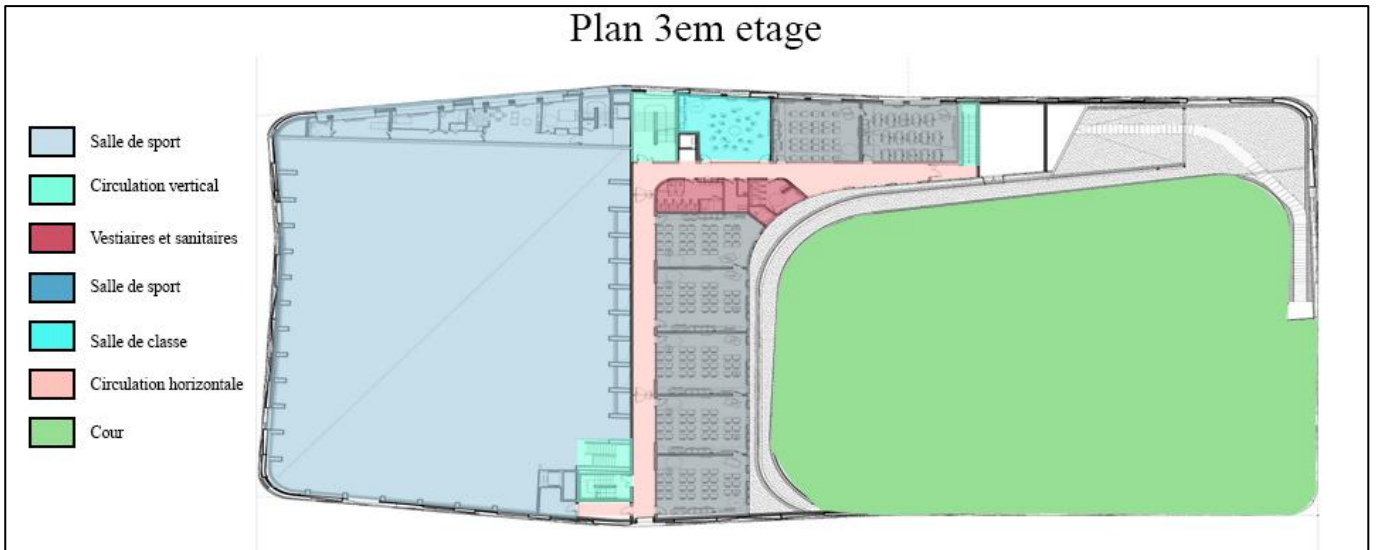


Figure 30: Plan 3em étage école des sciences et de la biodiversité
 Source : www.ecoquarte/Chartiedalix.com traite par l'auteur

Le plan de 3eme étage contient : 02 salle d'activité, 06 salle de classe, cour, logement de fonction, sanitaire

La circulation verticale est présentée sous forme de 3 escaliers 2 ascenseurs.

Plan de toiture

- Rampe
- Circulation
- Jardine terrasse



Figure 31 : plan de toiture Ecole primaire des sciences et de la biodiversité
 Source : www.ecoquarte/Chartiedalix.com traite par l'auteur

c) Circulation horizontal et verticale :

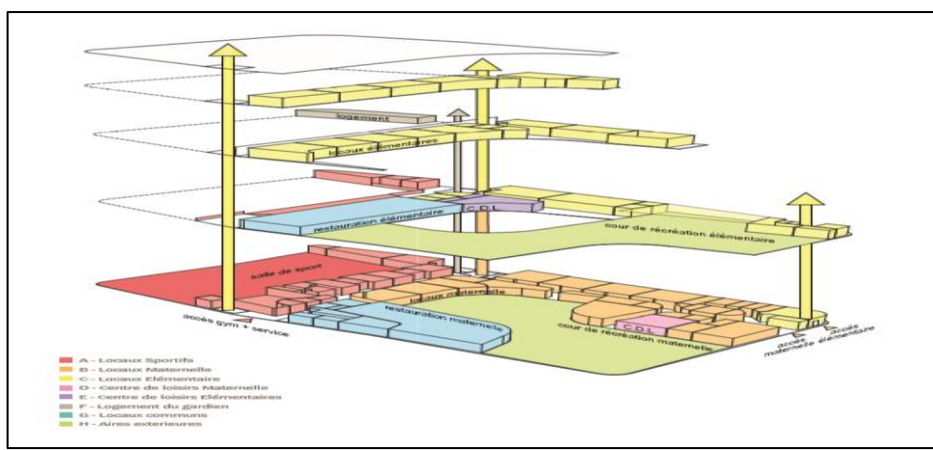


Figure 32 : Schéma représente la circulation verticale entre les différents niveaux
 Source : www.ecoquarte/Chartiedalix.com traite par l'auteur

d) Les coupes :

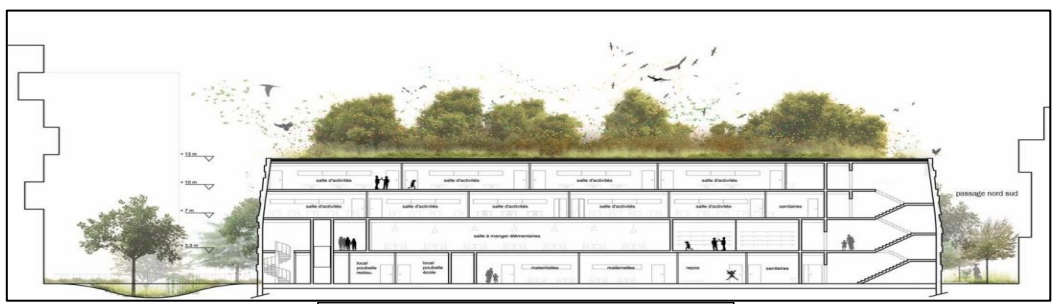


Figure 33 : coupe longitudinale
 Source : www.ASArchiStudio.com



Figure 34: coupe transversale
 Source : www.ASArchiStudio.com

II.3.7 Organisation des espaces :

Cet organigramme spatial résume la disposition des espaces autour de la cour de récréation et la salle de gymnase multifonctionnelle.

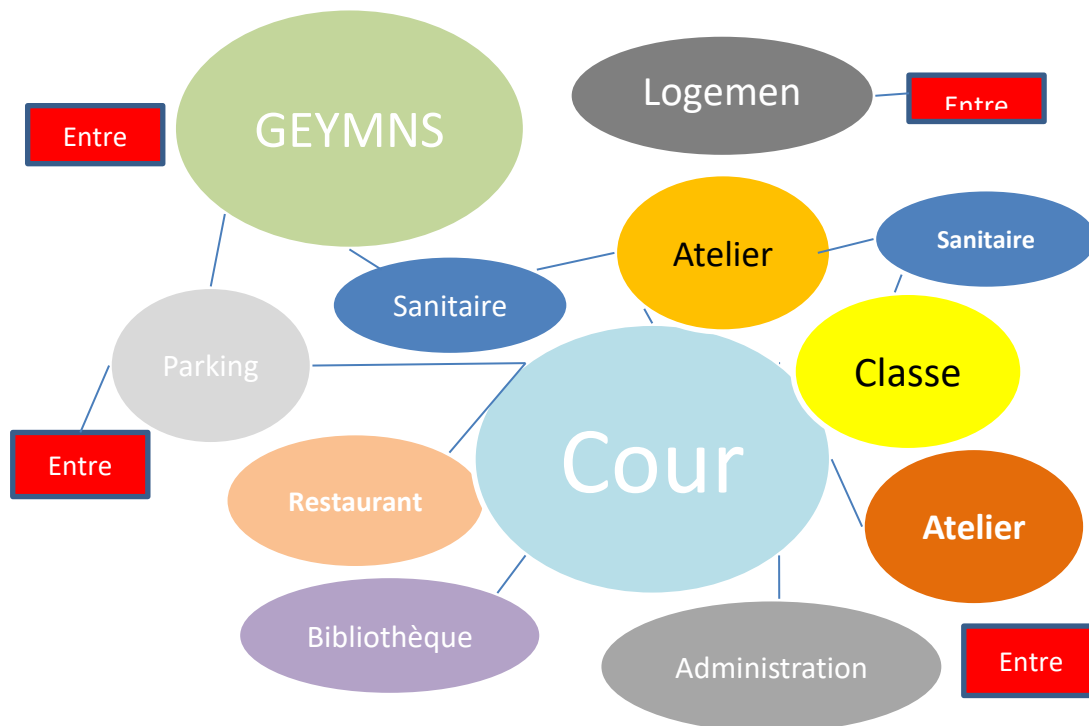


Figure 35: Organisation spatial

Source : auteur

II.3.8 Les Aspect liées à la durabilité :

Implantation et Orientation : est implanté dans un milieu urbain. Le projet se caractérise par une volumétrie monobloc (pavillonnaire).

Le projet orienté nord /sud même peau : le mur minéral. Constitue le "poumon vert" de l'îlot.

A l'intérieur, les façades associent de grandes baies vitrées donnant toutes sur une coursive.

a) Analyse des façades :

Dans l'extérieur la façade ceinturée par une baies vitrées donnant toutes sur une cour.



Figure 37: façade sud

Source : www.ASArchiStudio.com



Figure 37: façade latérale ouest

Source : www.ASArchiStudio.com

b) Analyse volumétrique :

Le projet est un bâtiment monobloc de forme rectangulaire et de gabarit R+3.

c) Analyse constructive :**LE MUR HABITÉ :**

Le mur habité est constitué de blocs de béton préfabriqués.

Ces blocs ont deux textures différentes. La face visible est d'aspect lisse, elle réfléchit la lumière.

Les autres faces sont composées de cannelures dans une texture rugueuse et accidentée fabriquant une paroi de concrétions.

Cette distinction des faces permet de canaliser l'eau en partie latérale des blocs

LA TOITURE :

La toiture constitue un véritable jardin suspendu situé au-dessus du gymnase à douze mètres de haut. Elle accueille trois strates de végétation.

II.3.9 Synthèses :

Cet exemple s'intègre parfaitement avec son environnement par sa volumétrie et ses façades qui répondent parfaitement à l'architecture de la nature et de plus l'intégration de biodiversité

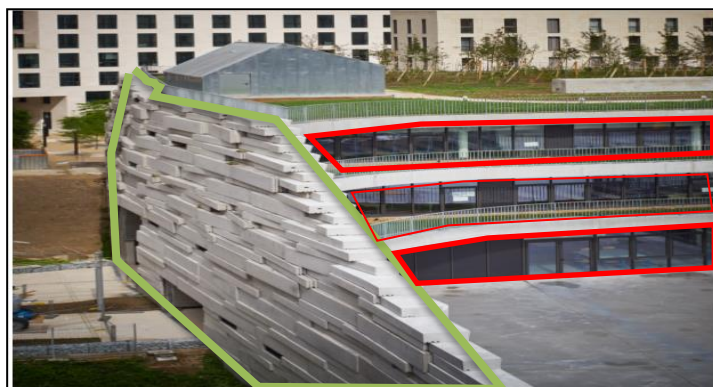
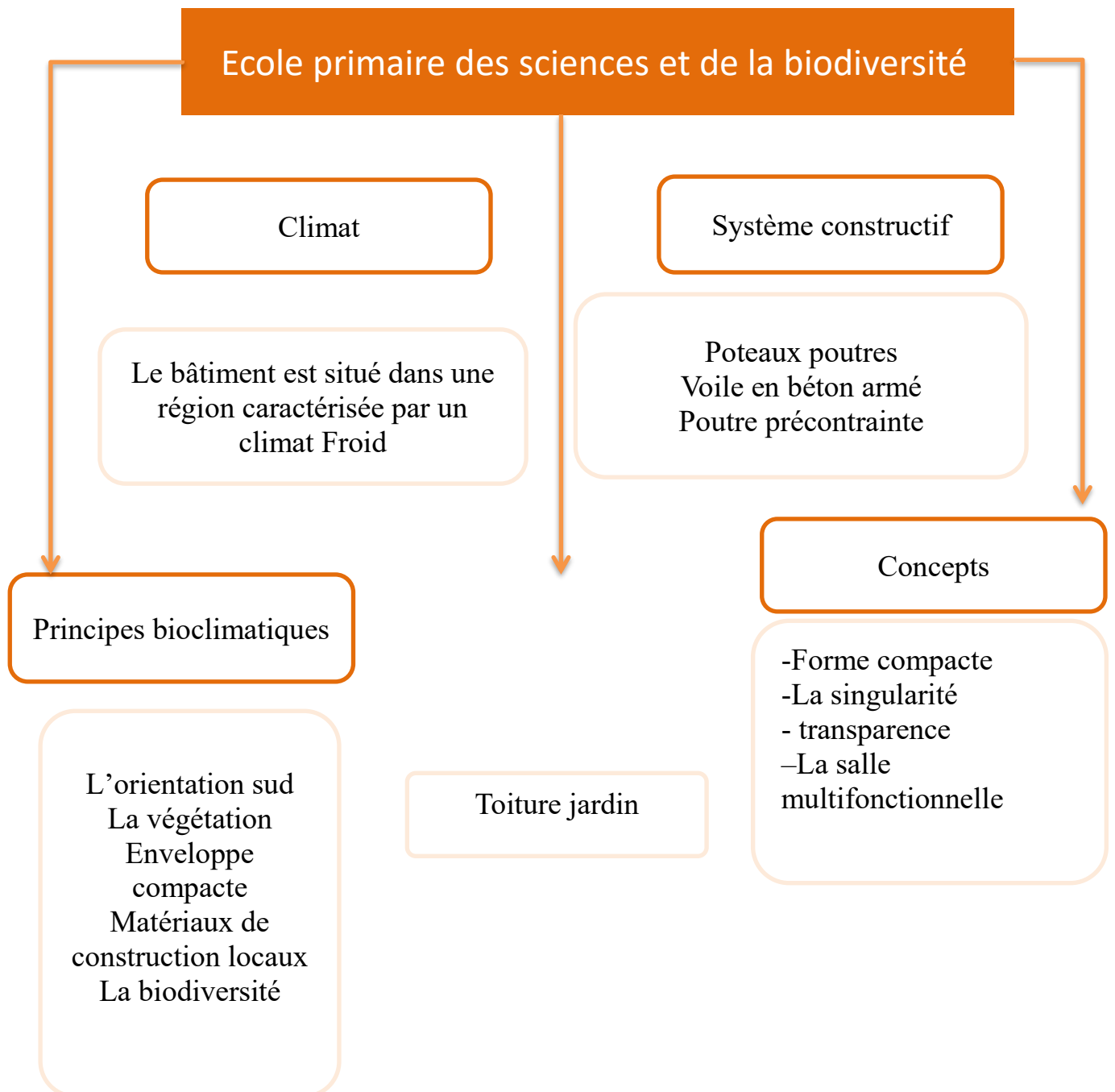


Figure 38: lecteur de façade

Source : www.ASArchiStudio.com traité auteur



II.4 Exemples complémentaires :

Pour améliorer notre compréhension. On choisit deux exemples pour les systèmes liés à la durabilité, la méthode de fonctionnement et programmation

Donc nous suggérons de traiter d'autres exemples afin d'obtenir des techniques telles que le système constructif, et des technique passive.

II.4.1 Ecole Fort d'Issy –France :

a) Fiche de présentation du projet :

Localisation : Fort d'Issy -France

Maîtrise d'ouvrage : SEAMDS

Architecte : Sonia Cortesse /

Olivier Gaujard architectes BET

Surface terrain : 5241 m²

Coût : 15 M € euros

Date de construction : novembre2011/
juin2013

Nombre d'étage : R+2



Figure 39 : vue sur l'entre de l'école

Source : www.archdaily.com

b) Aspect architectural et fonctionnel et paysage :

- **Situation :**

“Cette réalisation située à la limite de l'Eco-quartier du fort d'Issy, se compose d'une école de 5 classes maternelles et 9 classes élémentaires

Les principes de l'architecture bioclimatique ont guidé le concepteur pour concevoir cet ensemble de bâtiments qui participent à l'aménagement urbain du quartier.

Orientée principalement Nord-Sud, l'école est organisée en deux bâtiments principaux séparés par un jardin humide.

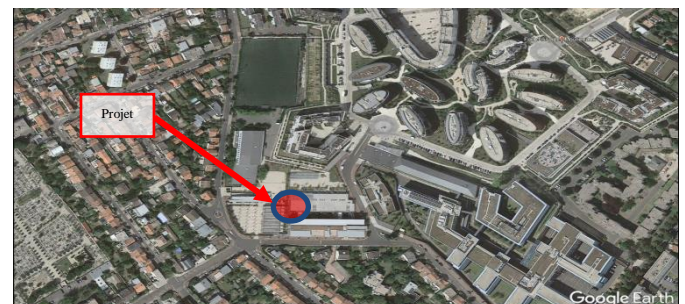


Figure 40: plan de situation

Source : Google earth adaptée auteurs

• **Accessibilité et accès**

Le projet est délimité par trois voies mécaniques, il est conçu comme une seule entité, de Gabarit R+2

- Le projet occupé 40% de surface réservé
- Des accès séparés

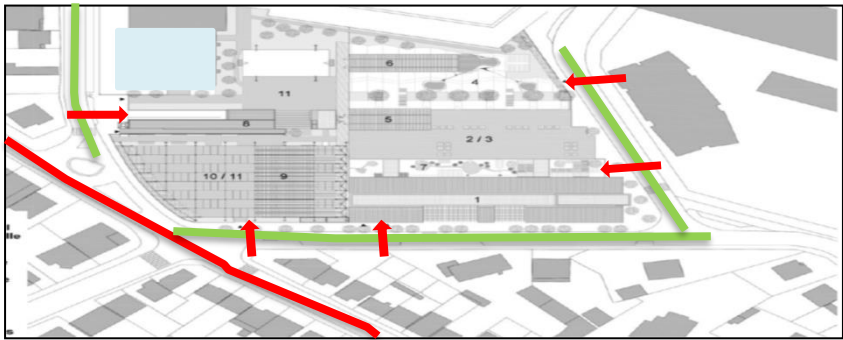


Figure 41: Accessibilité
 Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF
 Traité par l'auteur

• **Organisation spatiale**

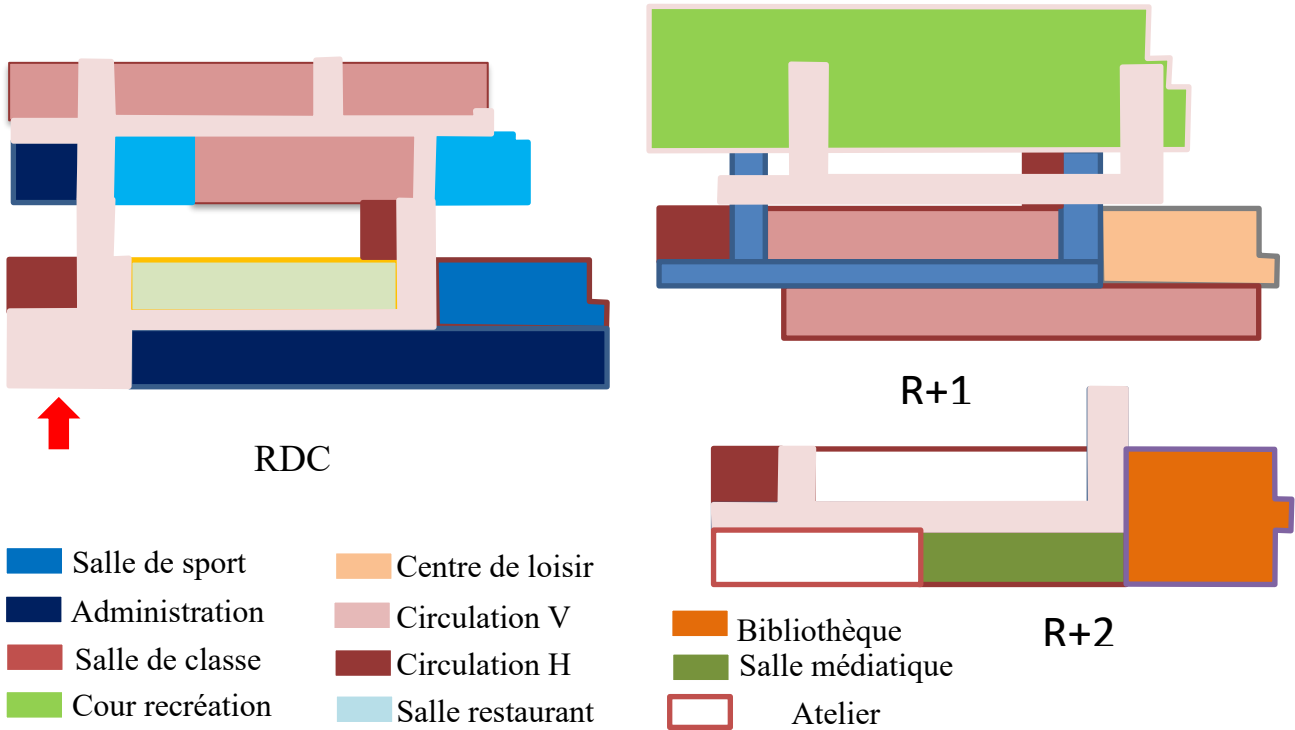


Figure 42: organisation spatiale
 Source : auteur

Circulation :

Les circulations sont largement dimensionnées, organisées suivant un système croisé. Une galerie traverse les deux corps de bâtiments, reliant la rue à la cour de récréation de l'école maternelle. Perpendiculairement à celle-ci, les circulations de distribution des salles aboutissent sur des micros jardins intérieurs, sortes d'aquariums végétaux fabriquant des paysages ...

Jeux de rampes, escaliers, franchissements de la douve, enfoncement de certaines salles complexifient les

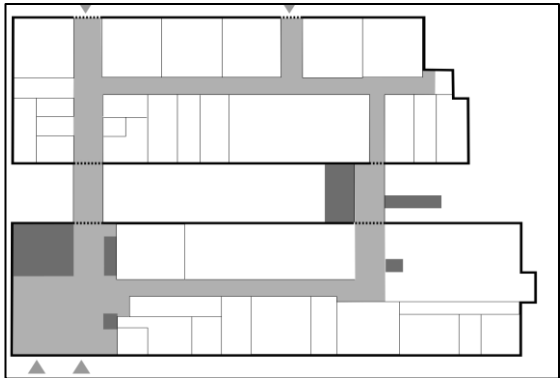


Figure 43: schéma de circulation horizontale
 Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF

parcours, les impressions visuelles et enrichissent le plaisir des déplacements, créent des lieux d'observation, riches, supports de pédagogie.

Analyse de façades :

De longues baies horizontales, librement dessinées, percent les façades. Cette conception nous a donné une grande marge de manœuvre pour optimiser le rapport éclairage naturel / efficacité de l'enveloppe. Les vitrages de larges dimensions s'installent directement dans les structures au nu intérieur des façades.

Ils sont entrecoupés de cadres structurels enchâssant des ouvrants de ventilation. L'épaisseur de la façade crée des ébrasures importantes qui permettent à une personne de circuler sur l'appui de baie pour effectuer le nettoyage des vitrages fixes sans avoir recours à une nacelle. Les stores, installés sur toutes les façades, sont reliés à une commande automatisée, programmée en fonction du soleil et du vent mais également commandés depuis chaque salle.



Figure 44: vue de la façade intérieure
Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF

Analyse constructive :

Dans le bâtiment principal les espaces intérieurs sont rythmés côté circulation tous les deux mètres par une structure poteaux poutres en lamellé collé. Côté façade, les poutres intermédiaires sont reprises par une poutre longitudinale.

La façade caisson est accrochée à cette poutre et au plancher en bois massif contrecollé.



Figure 45: vue sur la structure
Source : www.ADSC.com

Afin de laisser libre de poteaux l'espace de la grande salle de danse, son plancher haut est suspendu à deux grandes poutres en lamellé collé de 22 cm de large, 2.2 m de haut et 16 m de long positionné en toiture. Tous les planchers, voiles de stabilisation et voiles des escaliers sont en bois massif contrecollé

Murs enveloppe et toiture :

Les façades et toitures du bâtiment principal R+2

Les pignons de la maternelle sont constitués d'un caisson à ossature bois préfabriqué en atelier, qui comprend de l'extérieur vers l'intérieur :

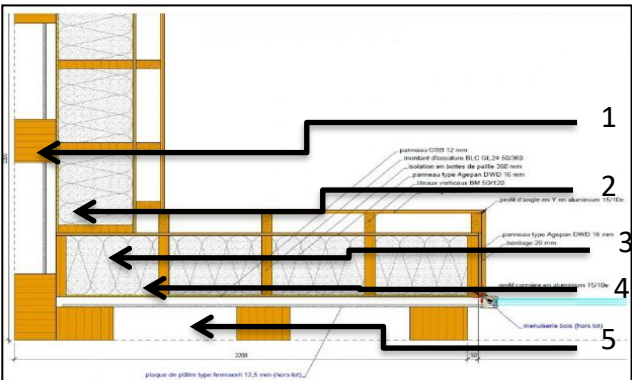


Figure 46: coupe détail d'un panneau en paille
Source : www.ADSC.com

- 1. Un bardage de deux couleurs, fixé sur tasseaux.
- 2. Un panneau de bois compressé assurant la fonction de pare-pluie.
- 3. L'ossature bois 45x360mm.

4. Une botte de paille sur chant de 36 cm d'épaisseur, un panneau contreventant.
5. Un doublage en plaque de plâtre et cellulose.

c) Aspects liés à la durabilité :

Confort visuel :

L'éclairage et la ventilation en l'hiver :

Les volumes ont été conçu volontairement compacts pour limiter les déperditions des façades. Un espace bioclimatique organise des transparences entre les différents niveaux de circulation, capte l'énergie l'hiver, la récupérant grâce à la ventilation double flux. La végétalisation de la toiture crée un tampon thermique et favorise la rétention des eaux pluviales.

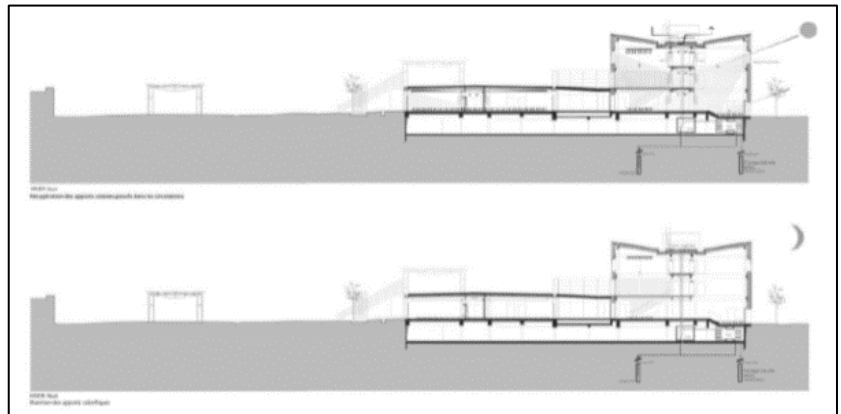


Figure 47: L'éclairage et la ventilation dans l'hiver

Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF

L'éclairage et la ventilation en l'été :

La majorité des salles d'exercice sont orientées au nord :

Toutes celles de la maternelle et la moitié des salles de l'école élémentaire.

Toutes les baies bénéficient de très bonnes protections solaires qui laissent pénétrer la lumière naturelle

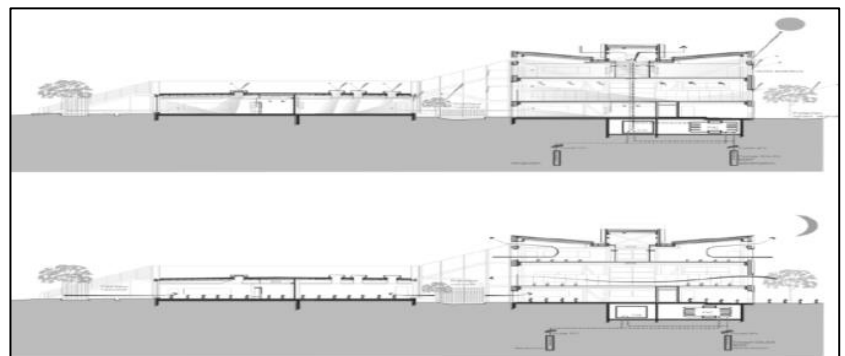


Figure 48: L'éclairage et la ventilation dans l'été

Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF

Chauffage : par la géothermie :

Les logements, les écoles du quartier du fort d'Issy les Moulinaux sont reliées à un réseau de chaleur, deux puits géothermiques ont été creusés à 600 m de profondeur dans la nappe de l'Albien : un puits prélève de l'eau pompée passe par un échangeur, ce qui permet de chauffer directement

Des matériaux sains peu émissifs :

Les matériaux intérieurs ont été choisis afin de limiter la pollution de l'air intérieure :

- Revêtement des sols : carrelage en grès cérame recyclé
- Doublage intérieur des murs et cloisons : panneaux de gypse et de cellulose
- Plafond : panneaux de gypse et de cellulose et panneaux acoustiques
- Peintures, colles et lasures Eco labellisées

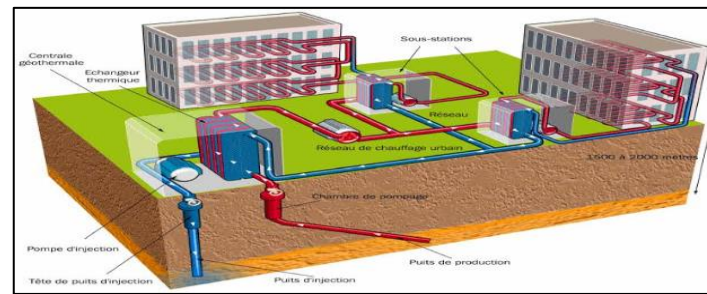


Figure 49: technique de la géothermie

Source : www.ADSC.com

d) Système de gestion des eaux pluviales :

Les eaux de pluie sont traitées à travers un paysage associant espace humide de biodiversité et les potagers pédagogiques, éco-verger, jardin de fruits et d'aromatiques.

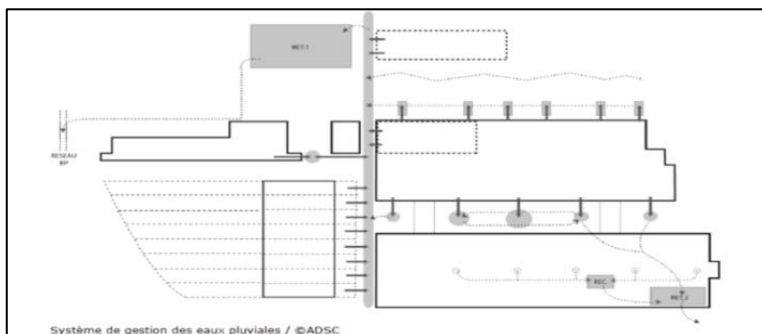


Figure 50: Système gestion des eaux pluviales

Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF

II.4.2 Exemple 04 : Fuji Kindergarten en Kyoto japon :

a) Fiche de présentation du projet :

Localisation : Kyoto –japon

Maîtrise d'ouvrage : Takenaa Corporation

Architecte : TAKAHARU TEZUKA

Surface terrain : 1302 m²

Date de construction : 2008

Gabarie : RDC



Figure 51: Fuji Montessori Kindergarten

Source : www.e-architect.co.uk/japan/fuji-kindergarten

Fuji Montessori Kindergarten (Fuji Yochien) à Tachikawa, en banlieue de Tokyo, une école maternelle Montessori accueillant des enfants âgés de deux à six ans, a emménagé dans de nouveaux locaux innovants.

Bien qu'il s'agisse du plus grand jardin d'enfants au Japon, le jardin d'enfants Fuji Montessori (Fuji Yochien) est le plus populaire et le plus envié du Japon. C'est parce que Fuji est sans aucun doute la plus belle et la plus conviviale des structures de garde d'enfants de ce pays où les écoles sont souvent des blocs de béton ternes, normalisés et gris.

b) Aspect architectural et fonctionnel et paysage :

Accessibilité et accès :

- Le projet est délimité par trois voies mécaniques,
- Il est conçu comme une seule entité, de Gabarit RDC
- Le projet occupé 40% de surface réservé
- Des accès séparés

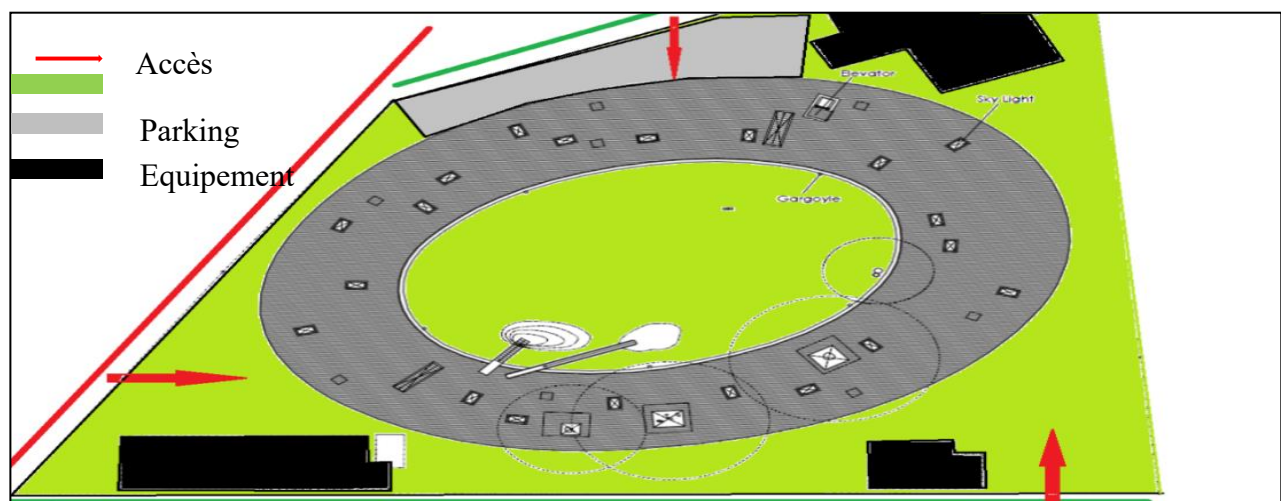


Figure 52: Plan de masse fuji kindergarten

Source : www.archivenu.com/wp-

c) Circulation horizontale et verticale :

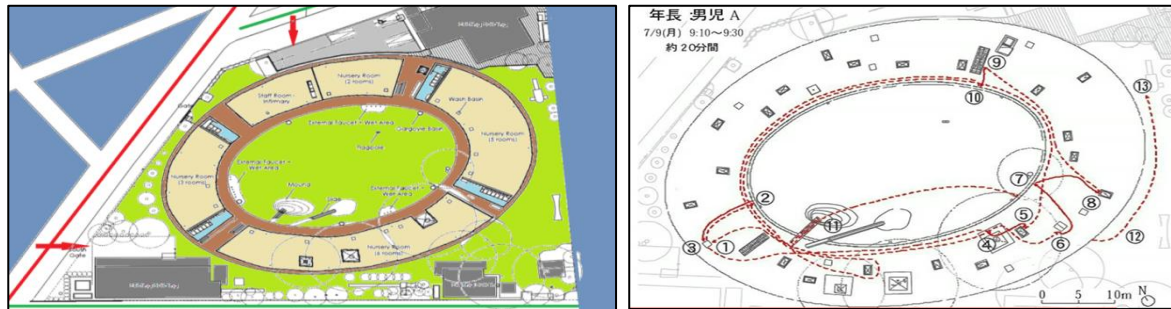


Figure 53: organisation spatiale et circulation fuji kindergarten
Source : www.archivvenue.com/wp-

d) Point d'eau :

La conception est clairement centrée sur l'enfant et comporte de nombreuses touches ludiques - des robinets extérieurs permettant aux enfants de nettoyer et de laver les vêtements

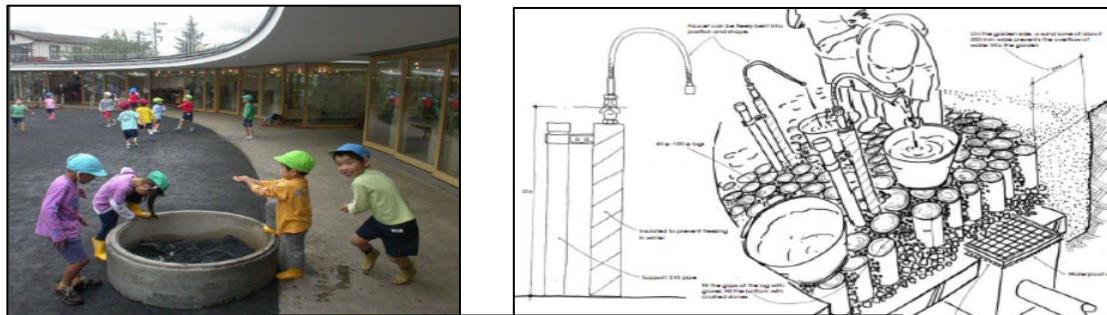


Figure 54: Point d'eau fuji kindergarten

Source : www.e-architect.co.uk/japan/fuji-kindergarten

e) Les cloisons :

Les lanternes vitrées offrant une vue imprenable entre le toit et la salle de classe ;

Le bâtiment intègre trois arbres Zelkova existants antérieurs, ainsi qu'une glissière du toit qui permet le passage le plus direct du toit.

Les hauteurs de plafond créées à l'échelle d'un enfant, sont limitées à 2,1 m. Cela souligne une relation extrêmement étroite entre le niveau du sol et le toit.



Figure 55: vue intérieure de projet fuji kindergarten
Source : www.e-architect.co.uk/japan/fuji-kindergarten

Les élèves peuvent interagir librement entre le toit et le jardin central. Ce sont des aspects de la conception qui permettent aux enfants d'explorer sans inhibition et facilitent leur accès à la nature. Ces éléments de conception répondent à l'aspect essentiel de la méthodologie Montessori : la satisfaction, le contentement et la joie résultent de la capacité des enfants à participer pleinement aux activités quotidiennes, individuellement et collectivement, dans un lieu où ils peuvent comprendre, dialoguer et contrôler leur propre environnement.

f) Aspects liés à la durabilité :

Le confort thermique :

L'utilisation des planches chauffant

L'utilisation des serres.

Technique active : Planche chauffent active-passive qui inspirée à chauffage traditionnelle

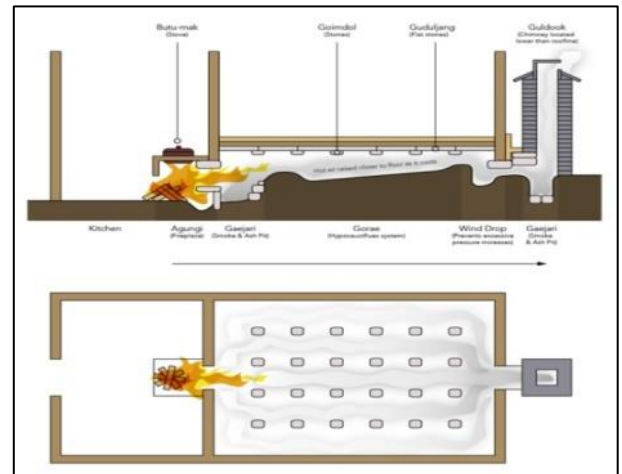


Figure 56: chauffage traditionnelle coréen

Source : www.dezeen.com

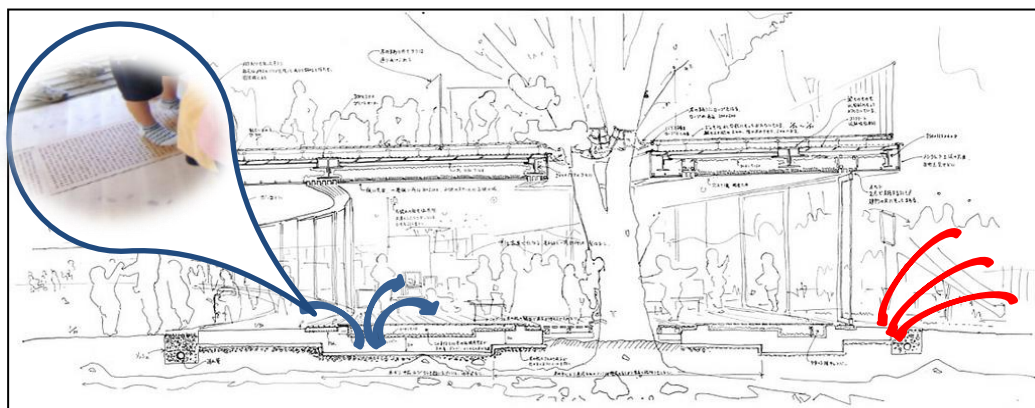


Figure 57: schéma de la ventilation et planche chauffent

Source : www.e-architect.co.uk/japan/fuji-kindergarten traite par l'auteur

Confort visuel :

Eclairage Natural pour assurer le confort visuel dans (salle d'activité) pour les économies d'énergie

Eclairage artificiel pour assurer le confort visuel dans les espaces.

Gestion d'Eau : Utilisation de L'eau de Pluie pour eau sanitaire :

g) Analyse constructive :

Le système constructif est Ossature simple porteur et

Système (charpente métallique)

Les murs sont des portes-fenêtres coulissent

Utilisation des matériaux nouveaux et recyclable comme :

- Verre ; Aluminium ; acier
- Et des matériaux durables
- Bois (porte et fenêtrer et planche)
- Et martiaux standard :
- Béton (fondation)
- Plâtre (revêtement de faux-plafond)



Figure 58: système constructif en charpente métallique

Source : www.e-architect.co.uk/japan/fuji-kindergarten

II.5 Conclusion :

A travers l'analyse des exemples précédents, on ne constate qu'une école durable doit répondre à plusieurs critères citons parmi eux :

Critères liés au fonctionnement	Situation et accessibilité	<p>La situation est dans un milieu urbain et attractif.</p> <p>Accessibilité facile.</p> <p>Construite un point de repère.</p> <p>L'intégration à l'environnement immédiat (participation).</p>
	Plan de masse	<p>L'espace extérieur constitue une continuité avec le milieu urbain.</p> <p>L'espace extérieur construit est une extension de l'espace intérieur (continuité fonctionnelle, spatiale et visuelle).</p> <p>Limiter et minimiser la circulation mécanique au site.</p> <p>Concevoir des espaces de détente et des parcours pour les visiteurs.</p>
	Espace intérieurs	<p>La hiérarchie du public vers le privé, de l'actif vers le calme</p> <p>Séparation de accès [parking ; la salle multifonctionnelle ; restaurant ; l'école (primaire et maternelle).</p>

	Forme et volume	<p>Une volumétrie attractive.</p> <p>Forme compacte avec variété des gabarits.</p> <p>Assurer une bonne orientation de la façade principale afin d'identifier le projet et l'exposer aux utilisateurs.</p>
	L'orientation	L'orientation de la façade principale au côté attractif
	Les façades	<p>Dominante et remarquable</p> <p>L'utilisation des transparences avec baies vitrées (continuité visuelle vers l'extérieure).</p>
	Couleur et texture	La texture naturelle et artificielle et atterrante.
	Matériaux	Moderne et mixte (le métal et le béton armé et verre), locale (la paille)

Critères liés à la conception durable	La végétation	Utiliser la végétation dans les patios et dans les toitures pour humidifier refroidir naturellement l'aire.
	L'orientation	L'orientation sud pour bénéficier de la lumière Uniforme
	Forme et façade	<p>Forme compacte (minimiser les déperditions thermique)</p> <p>L'utilisation des décrochements et toiture avancer pour crée des ombres et pénétration des rayons solaires en hiver et protection facile des rayons en été.</p> <p>Optimiser l'éclairage naturel par façades adaptées</p>

	Espace intérieur	Utilisation des patios de lumière et des vitrages pour assurer l'éclairage naturelle. Enveloppe thermique renforcée (isolation renforcée par des Matériaux local (la paille).
	Production d'énergie	Utilisation d'énergie renouvelable (biogaz ; panneaux photovoltaïques). - les dispositifs de ventilation (atrium, patio, Façade double peau).

La partie analytique a permis de se familiariser avec les équipements scolaires en général et ceux certifiés durables d'autre part afin de servir comme support lors de la phase conceptuelle du projet.

CHAPITRE CONTEXRUEL

III.1 Introduction

L'étude du contexte de la ville dans laquelle se fera le projet est une étape primordiale à sa réussite conceptuelle en fournissant toutes les données nécessaires à la compréhension et l'assimilation de ses données climatiques. Dans ce chapitre on va présenter les potentialités et les données climatiques de la ville de Laghouat et les différentes caractéristiques du site proposé et ce dans le but de faire le bon choix des stratégies conceptuelles et énergétiques à adapter suivants les caractéristiques et les particularités du climat.

III.2 Présentation de la ville de Laghouat

III.2.1 Situation géographique et astronomique

Laghouat se situe au cœur du pays à 400 km au sud de la capital Alger, la wilaya s'étend sur une superficie de 25 000 km². Région agro-pastorale de l'Algérie, elle possède également le plus grand gisement de gaz naturel d'Afrique avec une réserve estimée à plusieurs milliards de mètres cubes.

Elle est située entre latitude 33-46N, longitude : 002-56E.

La commune de Laghouat se situe dans le côté nord sur le pied de la chaîne montagneuse du l'atlas saharien, elle s'étend sur le plateau saharien à une moyenne hauteur de 760 mètres au-dessus de niveau de la mer.



Figure 59: La ville de Laghouat

Source : www.docplayer.fr

Elle est limitée géographiquement par :

- Au Nord : par la commune de Sidi makhlouf
- Au Sud : par la commune de Hassi Rmel
- A l'Est : par la commune de Ben Naceur ben chohra , al assafia
- A l'Ouest : par la commune de Tadjmout , Kheneg

III.3 Différentes phases de développement de la ville

La ville de Laghouat a connu plusieurs phases de développements urbains.

- **La 1ère phase** : l'ancienne ville.
- **La 2ème phase** : les lotissements et les Z.H.U.N 01 et Z.H.U.N 02. Après le dédoublement de la ville par un axe structurant RN01.
- **La 3ème phase** : lotissements de l'OASIS NORD et des nouveaux quartiers.
- **La 4ème phase** : l'extension vers l'Ouest et l'apparition des nouveaux lotissements tels que WEAM.
- **La 5ème phase** : future extension.
- **La 6ème phase** : extension « EL MARDJA ».

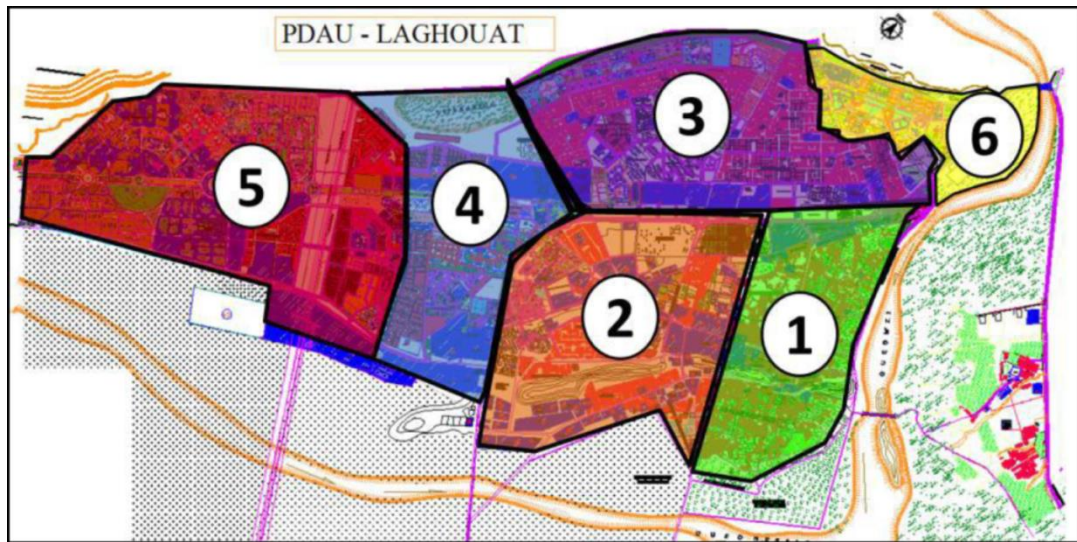


Figure 60: différentes phases de développement de la ville de Laghouat

Source : PDAU Laghouat, traité par l'auteur

III.4 Analyse climatique

III.4.1 Caractéristique du climat de la ville de Laghouat

Le climat qui règne de type présaharien. Il se caractérise par une faible pluviométrie, l'hiver très froid et l'été très chaud.

Les écarts de température restent des plus significatifs.

Les vents dominants sont orientés à l'ouest et au sud-ouest.

Le sirocco est plus fréquent dans les hauts plateaux.

Le maximum de fréquences sur l'atlas saharien a eu lieu généralement en juin et juillet.

Le nombre de sirocco est de 7 jours à Laghouat.

Décaulant de relief, le climat est de type continental au nord-ouest avec une pluviométrie variant de 300 à 400mm, des chutes de neige et de gelées blanches.

Dans la région des hauts plateaux, le climat est de type saharien et aride.

La pluviométrie varie entre 150mm au centre et 50mm au sud.

Les hivers sont caractérisés par des gelées blanches et les étés par une forte chaleur accompagnée de vents de sable. ⁴⁴

⁴⁴ Agence national de développement de l'investissement (ANDI) 2013, version pdf, p08

III.4.2 Données climatiques de la ville de Laghouat

a) Classification des différentes zones

- La zone de l'Atlas Saharien caractérise par des altitudes allant de 1000 à 1700m avec des pentes de 12.5 à 25%. Cette zone au nord-ouest de la wilaya (région d'Aflou et Brida). Elle est constituée de vieux massifs forestiers d'une superficie de 47.095Ha, de nappes alfatières couvrant une superficie de 315.125Ha ainsi que de pacages de parcours d'une superficie de 1.531.766Ha
- La zone des hauts plateaux et de plateaux sahariens caractérisée par des altitudes allant de 70 à 1000m et des pentes de 0 à 3%. Cette zone constituée de vaste étendues steppique d'une superficie de 1.900.000Ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées.

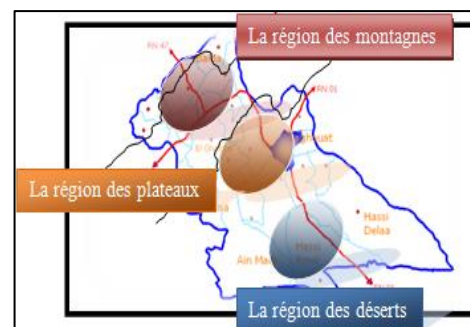


Figure 61: Différentes zones climatiques de la ville de la ville de Laghouat

b) Type de ciel

Le graphique montre le nombre mensuel de jours ensoleillés, partiellement nuageux, nuageux et de précipitations. Les jours avec moins de 20% de la couverture nuageuse sont considérés comme des jours ensoleillés, avec 20-80% de de la couverture nuageuse, comme partiellement ensoleillés et plus de 80% comme nuageux.

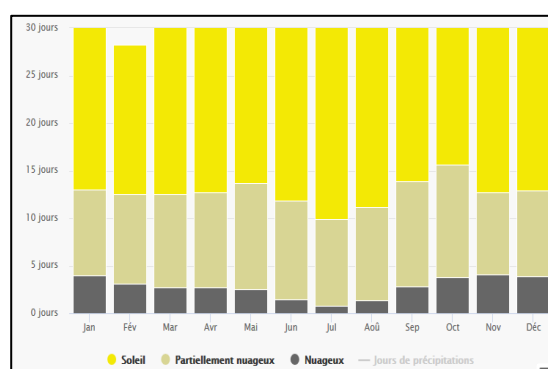


Figure 62: type de ciel

Source : www.meteoblue.com

c) Température

Le diagramme de la température maximale à Laghouat montre le nombre de jours par mois qui atteignent certaines températures.

La région est soumise à des conditions climatique de type saharien se caractérisant par de fortes fluctuations entre l'hiver et l'été, le maximum de te température avoisine 40C° en période estivale, l'hiver est très rigoureux, la température descend jusqu'à 2C° en mois de décembre, janvier et février.

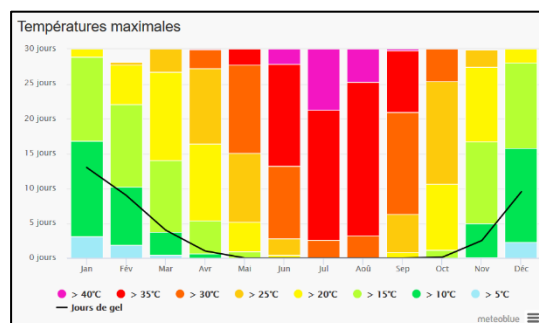


Figure 63: Diagramme de température à Laghouat

Source : www.meteoblue.com

d) Précipitation

Selon le diagramme, on remarque tout d'abord la rareté des précipitations annuelles.

Le mois le plus arrosé est septembre, le plus sec et juillet. On remarque aussi qu'en plus de la rareté des précipitations, leur répartition est irrégulière durant l'année.

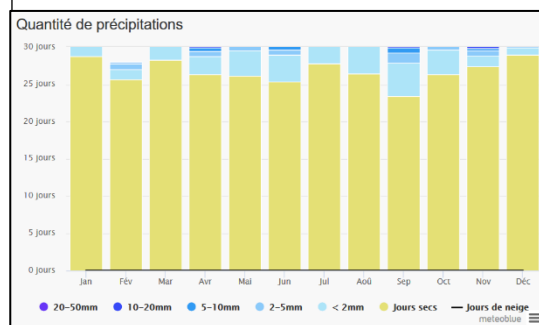


Figure 64: Quantité de précipitation

Source : www.meteoblue.com

e) Humidité

La station météorologique de la ville de Laghouat enregistre, le plus haut taux d'humidité (93%) pendant le mois décembre, et le plus bas (15%) pendant le mois de juillet. On constate aussi que l'air est sec (au-dessous de 50%) le reste de l'année.

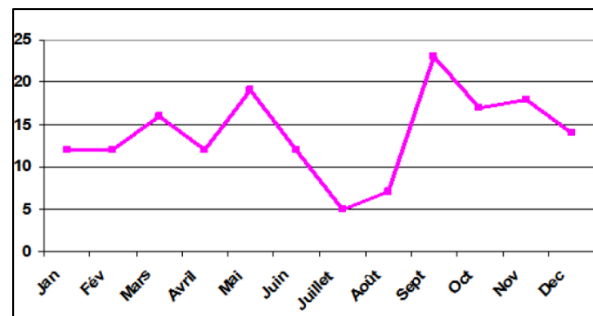


Figure 65: Humidité annuelle wilaya de Laghouat

Source : station météorologique de Laghouat

f) Vents

Les vents dominants sont de direction ouest, le sirocco souffle 65-70 jours par an à partir de mois de mai, il est fréquent du côté nord et ouest, généralement en juillet sur les hautes terres du nord et de l'ouest, ainsi que dans le mois de juin et juillet sur les basses terres.

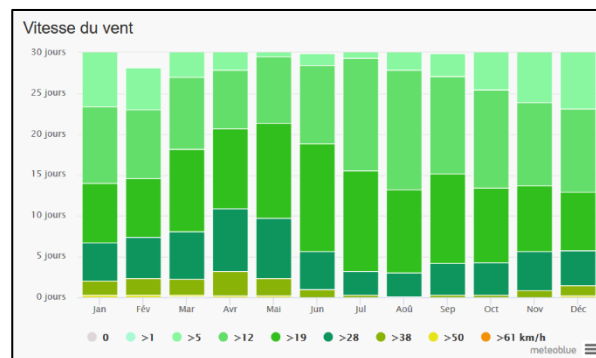


Figure 66: Vitesse du vents Laghouat

Source : www.meteoblue.com

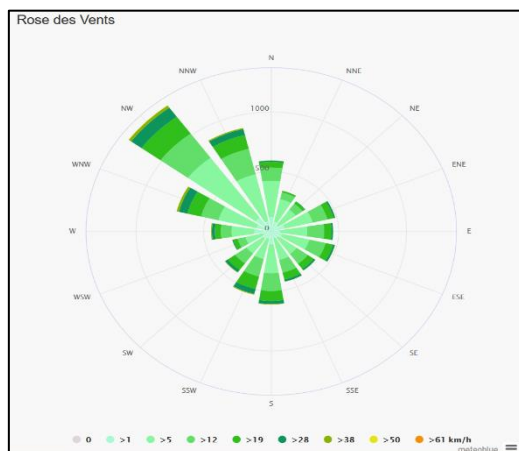


Figure 67: Rose des vents

Source : www.meteoblue.com

Le Chehili venant du sud, ces vents sont souvent violents et leur vitesse varie de 15 à 30m/s soit 108Km/h et de direction sud-ouest fréquence 687 heures/mois.

Le sahraoui vient du nord-ouest/sud-est au printemps, tandis que le bahri de direction est-ouest se manifeste d'août à octobre à partir de septembre, le vent de l'est (bahri) change d'humidité favorise la maturité des dattes.

Les vents dominants sont de direction ouest ; le sirocco souffle 65-70 jours par an à partir de mois du mai, il est fréquent du côté nord et ouest, généralement en juillet sur les hautes terres du nord et de l'ouest, ainsi que dans les mois de juin et juillet sur les basses terres.

les basses terres.

III.4.3 Diagramme psychrométrique de Givoni

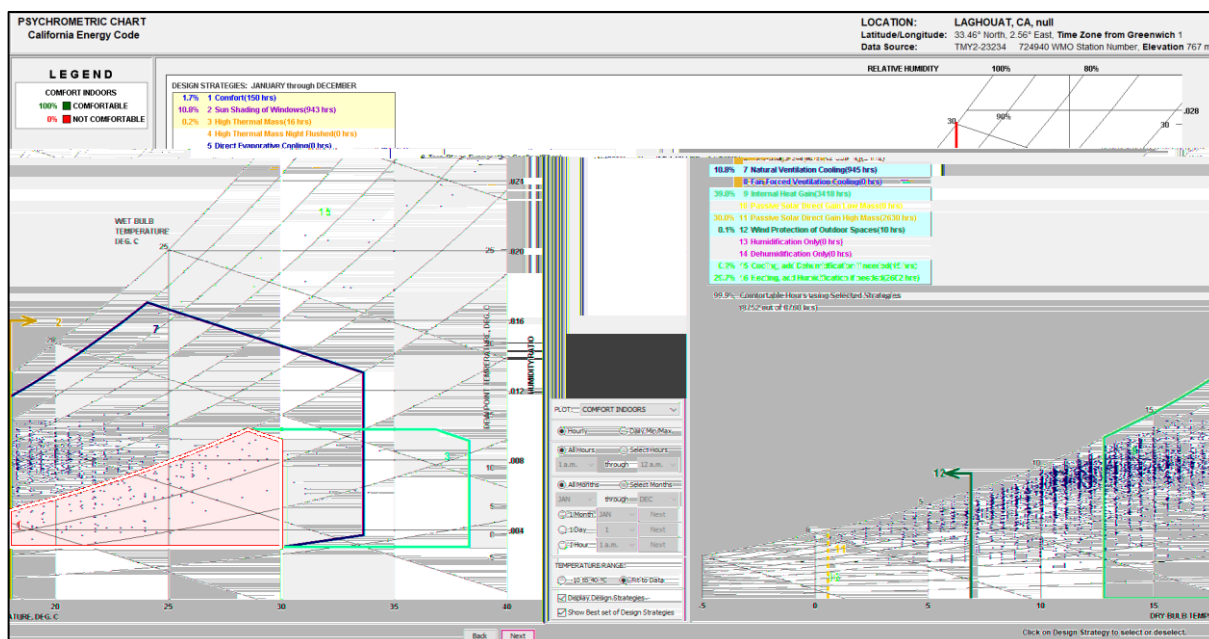


Figure 68: Diagramme psychrométrique la ville de Laghouat

Source : Climate consultante 6.0

Le diagramme psychrométrique de Givoni détermine les besoins du confort thermique afin d'établir des solutions adéquates. Pour rattraper les conditions de confort établis au préalable. Selon le diagramme de Givoni on distingue cinq périodes :

- Janvier, février et décembre on a besoin d'un chauffage solaire passif.
- Mars et novembre on a besoin d'inertie thermique du bâtiment.
- Avril, mai et octobre situé dans les zones de confort avec la nécessité d'une ventilation pour le mois mai.
- Juin et septembre on a besoin d'une grande masse thermique.
- Juillet, Août les plus chauds, on a besoins d'une ventilation interne.

On a aussi besoin d'humidification durant tous les mois de l'année.

III.4.4 Synthèse Climatique :

La région de Laghouat se caractérise par un climat aride avec une saison hivernale rigoureuse et une saison estivale chaude, sèche et assez long. La conception d'une école dans ces zones doit répondre aux exigences de confort d'été et d'hiver. Pour assurer ce confort à faible consommation d'énergie on peut exploiter les caractéristiques climatiques de cette région.

On doit adapter

- Une enveloppe isolée, de forte inertie afin de minimiser les pertes d'énergie
- Capturer de l'énergie solaire en hiver par des baies vitrées sans oublier la protection dans la période estivale
- Exploiter les vents pour renouveler l'air intérieur (vent chaud et vent froid).
- Créer des cours d'eau pour le refroidissement des vents de sirocco.

III.5 Analyse du site d'intervention

III.5.1 Motivation de choix de site :

Nous avons choisi ce site parce qu'il est déjà destiné à un équipement scolaire dans le POS 18 de la ville de Laghouat et il offre plusieurs avantages au niveau de localisation et la forme :

- Terrain avec une accessibilité facile.
- Une superficie suffisante pour construire une école.
- Le terrain est situé dans un quartier résidentiel et administratif.
- Le terrain est éloigné des sources de nuisance sonore et de pollution des usines.
- Terrain déjà destiné à un équipement scolaire

III.5.2 Situation de terrain

Le terrain est situé dans la partie sud-ouest de la ville de Laghouat, selon le POS 18 c'est une zone résidentielle.



III.5.3 Topographie du terrain

- Le terrain est relativement plat avec une pente moyenne de 1.26%.
- Le terrain a une forme rectangulaire.
- La surface de terrain est 1.3ha.



Figure 69: Coupe de terrain d'intervention

Source : auteur

III.5.4 Accessibilité et flux

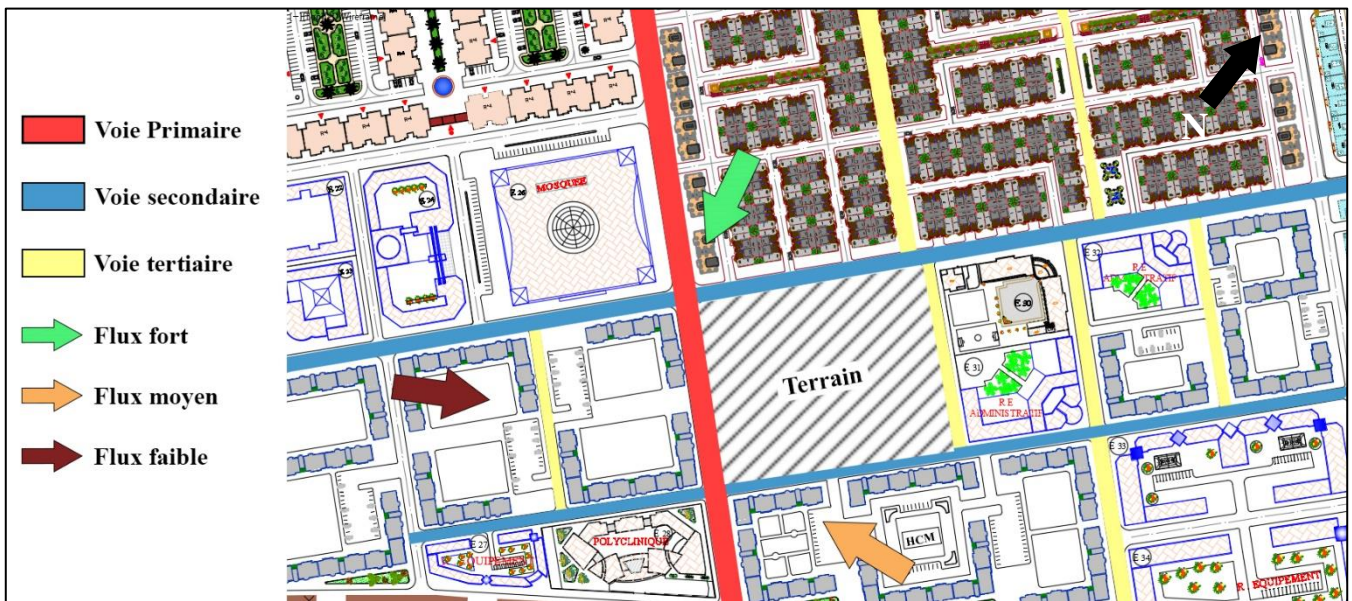


Figure 70: Flux et accessibilité de site

Source : POS 18 Laghouat

L'accessibilité au projet est facile grâce à une voie primaire (flux mécanique et piétonnier fort), deux voies secondaires dans les côtés est-ouest (flux mécanique moyen) et une voie tertiaire au nord qui relie les deux voies secondaire (flux mécanique et piétonnier faible).

III.5.5 Environnement immédiat

Le terrain est entouré par des habitats collectifs et individuels avec une mosquée et un équipement administratif.

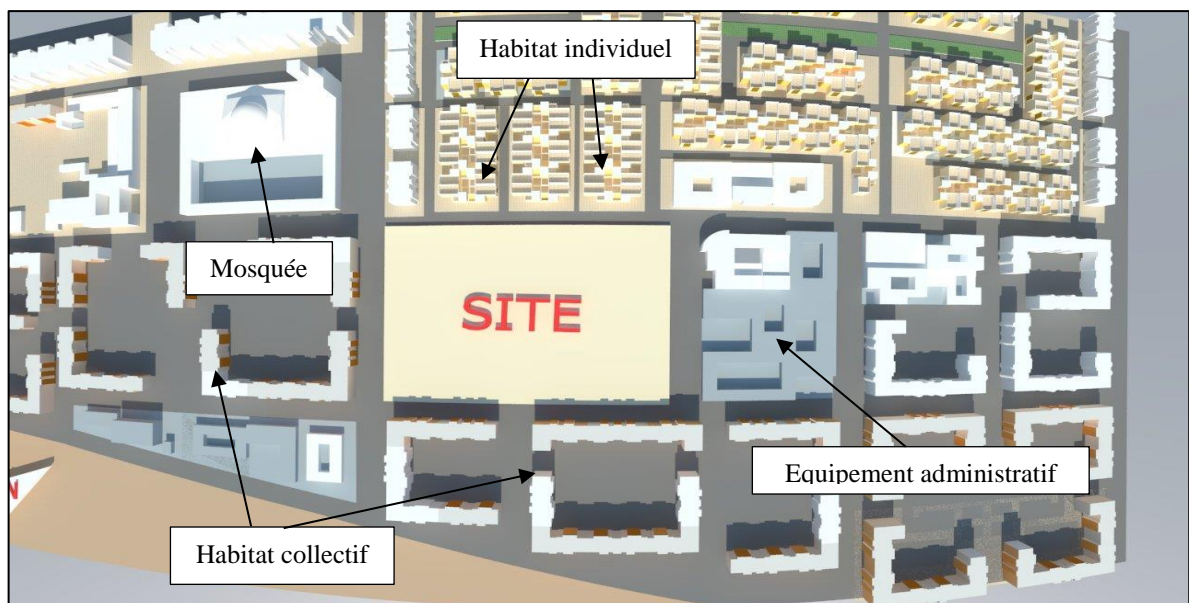


Figure 71: Environnement immédiat de terrain d'intervention

Cette zone actuellement n'est par urbanisé sauf le nouveau pôle universitaire et quelque habitats collectifs

III.5.6 Aspect climatique du site

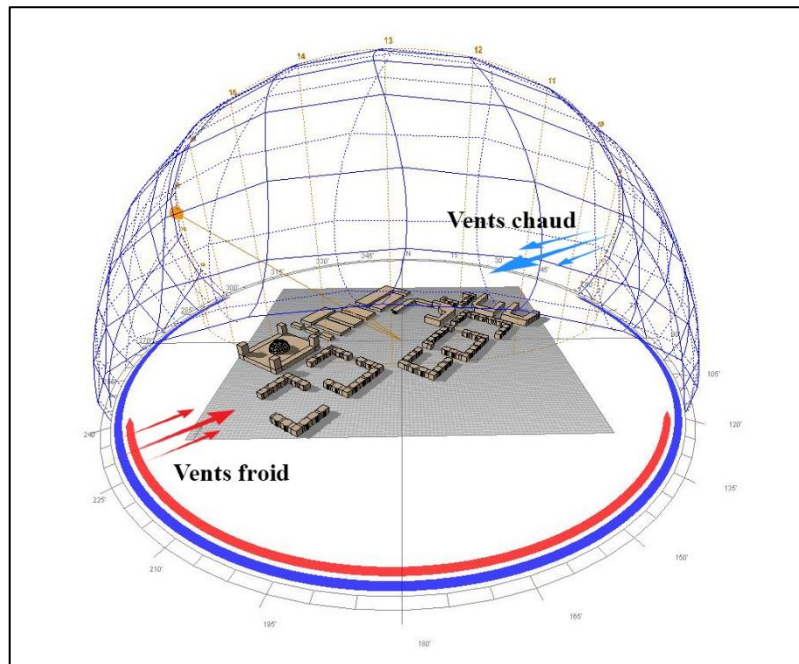


Figure 72: Vents et ensoleillement de site

Source : auteur

Les vents chauds soufflent du côté sud-ouest, et les vents froids soufflent du côté nord-ouest.

g) Ombrage

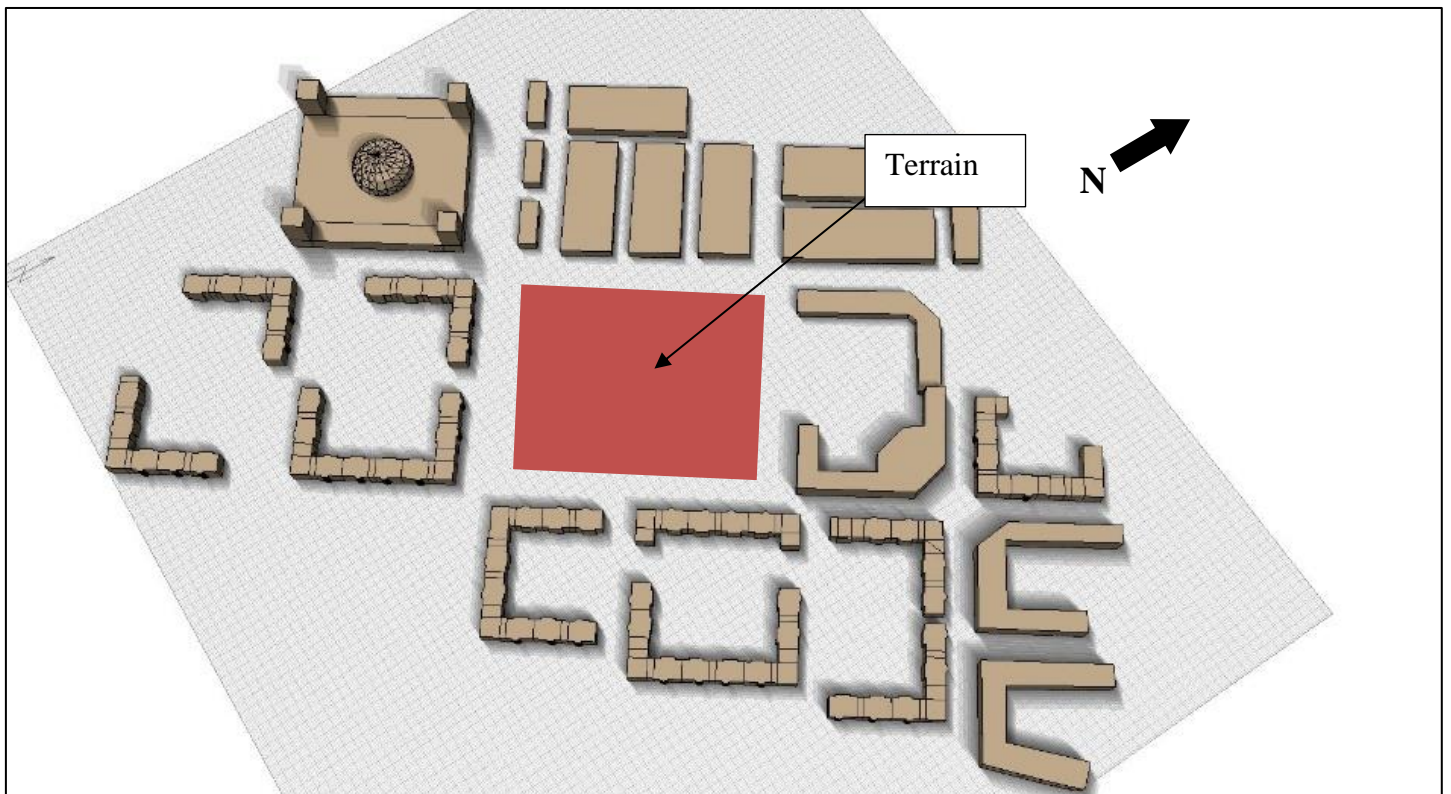


Figure 73: Intervalle d'ombrage de 09:00h à 16:00

Source : auteur

La figure montre l'intervalle d'ombrage dans l'environnement immédiat du terrain d'intervention (09:00h à 16:00). On remarque que le terrain est bien ensoleillé toute la période d'exploitation du projet.

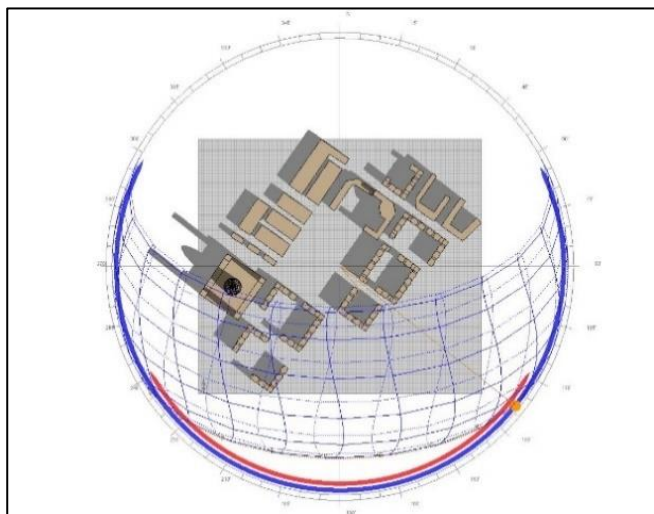


Figure 74: Solstice d'hiver à 09:00

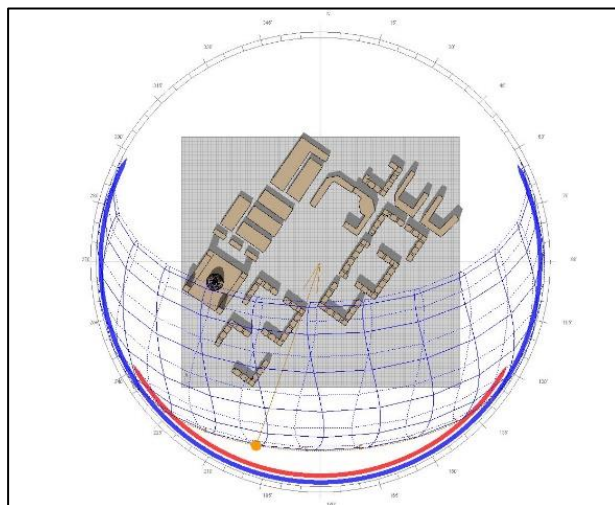


Figure 75: Solstice d'hiver à 14:00

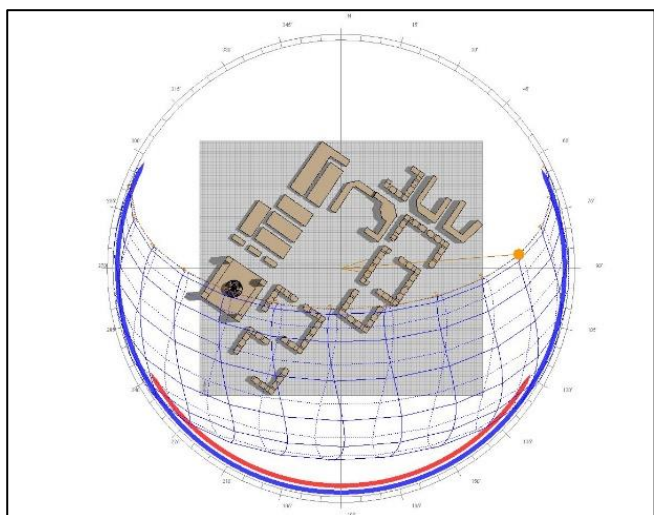


Figure 77: Solstice d'été à 09:00

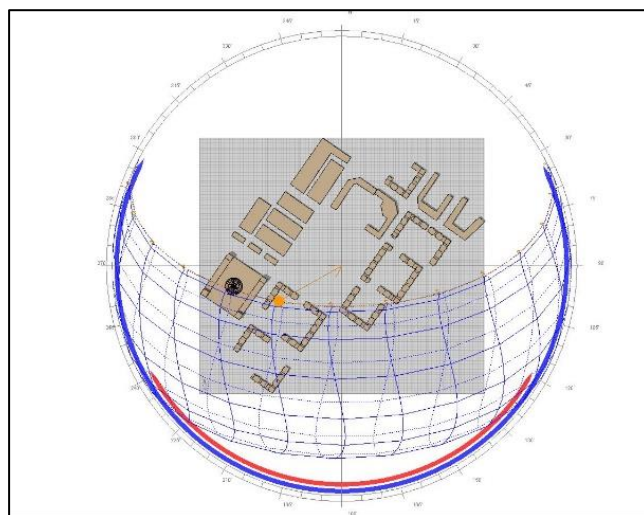


Figure 76: Solstice d'été à 14:00

h) Vents

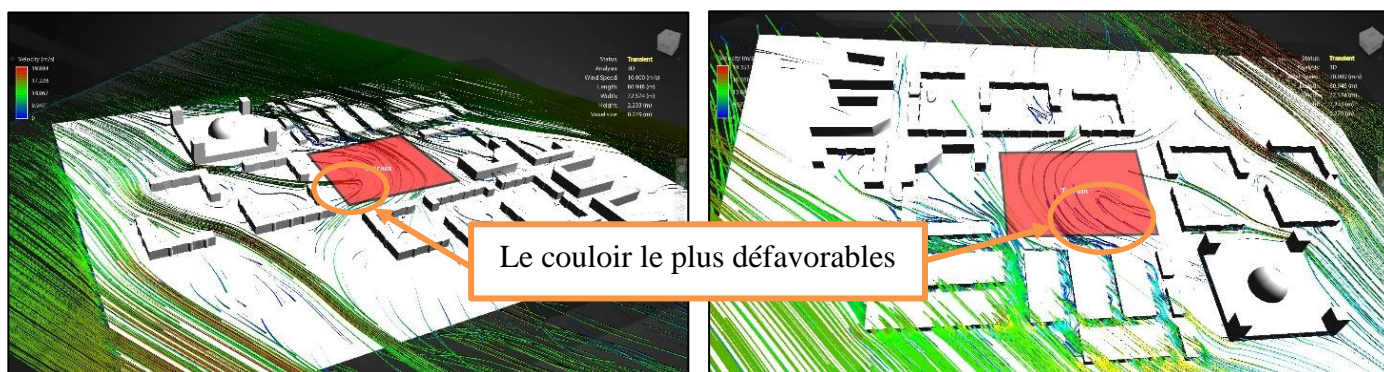


Figure 78: Effet de vents sur le terrain
Source : auteur

Le résultat au-dessus est obtenu par logiciel de Autodesk flow design. Il montre le couloir le plus défavorable dans site, qu'il faut prévoir une de types de protection.

III.6 Synthèse du chapitre

De l'analyse, on peut conclure que le terrain possède tous les atouts pour abriter une école durable multifonctionnelle, il est situé en milieu urbain de la ville, le terrain offre l'opportunité de contribuer à vitaliser le quartier en intégrant la dimension de multifonctionnalité.

CHAPITRE PROGRAMMATIQUE

IV.1 Introduction :

La programmation est une étape essentielle avant traduire les plus exactement possible l'attente des usagers, la programmation établit les rapports fonctionnels entre les différents espaces, elle consiste aussi à décrire les objectifs et le rôle de l'équipement, elle est nécessaire pour la conception d'un objet en intégrant des missions et des fonctions et des interprètes en espace.

IV.2 Objectif de la programmation

La programmation permet de mieux comprendre les différents espaces de l'école, les classer par des espaces servis et des espaces servants, 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 spatiale et fonctionnelle entre eux.

IV.3 Présentation du projet

C'est une école primaire durable qui peut intégrer la pédagogie de l'intelligences multiples grâce à sa conception qui est destiné au développement des huit intelligences humaines.

Cette école participe dans son quartier comme un équipement pédagogique en premier lieu, puis il offre des espaces d'accueil pour les habitants et les manifestations extérieur : expositions, conférences, animation, rencontre sportives ou culturelles, en lien avec des partenaires extrascolaires.

Cette insertion dans le quartier, ces liens ainsi tissés entre la communauté éducative et la population contribuent au fait que l'école soit considérée comme un « bien » commun, un équipement, qu'il convient de respecter.

Capacité d'accueil de l'école : Nous avons trouvé le nombre des élèves à travers des statistiques des logements qui s'entoure de projet de rayonne d'influence 500m pour les élèves de primaire, et 250m pour les élèves de maternelle

On trouve 210 élèves : 60 pour la crèche et 150 pour le primaire

IV.4 Mission du projet

- Assurer des espaces confortables pour les usagers avec un impact minimal sur l'environnement.
- Promouvoir l'éducation environnementale et la sensibilisation à la durabilité.
- Aider les enfants à pratiquer leurs activités facilement dans un espace sain et confortable.
- Contribuer dans l'amélioration du cadre de vie du quartier par la création des espace verts qui favorise les échanges sociaux entre les habitants.
- Intégrer des systèmes passifs pour la production de l'énergie renouvelable et minimiser la consommation d'énergie fossile.

IV.5 Programme quantitatif :

Le programme élaboré a été basé sur le support des exemples étudiés ; principalement l'exemple de jean mouline et la biodiversité et les autres exemples la recherche thématique sur les écoles, et la pédagogie des intelligences multiple, lorsqu'on a choisi d'intégrer cette pédagogie dans notre projet, il nous oblige à offrir des espaces et ateliers pour pratiquer cette pédagogie qui aide les élèves à développer tous ces capacité (intelligence).

Et comme nous avons choisi aussi d'avoir une école multifonctionnelle, d'autres espace et autre organisation est imposé pour réussir notre projet dans tous ces aspects (fonctionnel, formel,..).

	Entité	espace	Surface (m ²)	Nombre	Surface totale		
d m i n i s t r a t i v	Administration	Hall d'accueil	Espace d'accueil	60 a 70	1	70	
			Espace d'exposition	30 a 40	1	40	
				Bureau directeur	20 a 25	1	25
				Bureau de secrétariat	12 a 15	1	15
				Salle de réunion	30 a 40	1	40
				Espace d'attente	20 a 25	1	25
				Archive	15 a 20	1	20
			Sanitaire	Sanitaire hommes	10 a 15	1	15
		Sanitaire femmes		10 a 15	1	15	
				Salle des enseignants	30 a 35	1	35
				Bureau	12 a 15	2	30
				Salle des parents	15 a 20	1	20
		Bureau psychopédagogie		30 a 40	3	120	
		Salle de sieste		60 a 70	1	70	
		Atelier	Atelier de dessin	50 a 60	2	120	
			Atelier des activités divers	50 a 60	2	120	
		Salle de dance et music		60 a 70	1	70	
		Espace de lecture		60 a 70	2	140	
	Service	sanitaires	Sanitaire filles	8 a 12	3	36	
			Sanitaire garçons	6 a 10	3	30	
		Restauration	Cuisine	50 a 60	1	60	
			Salle a manger	350 a 400	1	400	
			Depot	30 a 40	1	40	
			Chambre froide	15 a 20	2	40	
		Vestiaire		20 a 25	1	25	
	Bassin de loisir		70 à 80	1			
Stockage		15 a 20	2	20			
Technique	Locaux technique		10 a 12	3	36		
	Locaux d'entretien		20 a 25	1	25		
P r i m a i r e	Accueil	Hall d'accueil	Espace d'accueil	40 a 50	1	50	
			Espace d'exposition	30 a 35	1	35	
	Enseignement	Salle de classe		50 a 60	10	600	
		Atelier	Atelier de dessin	50 a 60	2	120	
			Atelier d'environnement	50 a 60	2	120	
			Atelier des activités divers	50 a 60	2	120	
		Bibliothèque	Salle d'informatique	80 a 90	1	90	
	Espace de lecture		120 a 140	1	140		
	Service	Sanitaire garçons		15 a 20	1	20	
Sanitaire filles		15 a 20	1	20			
Cabinet médical		10 a 15	1	15			
L o i s i r	Salle multifonctionnelle	Salle de sport		1000 a 1200	1	1200	
		Théâtre					
		Salle de conférences					
		Salle de projection		10 a 12	1	12	
		Sanitaire	Sanitaire hommes	10 a 15	2	30	
			Sanitaire femmes	12 a 16	2	32	
			Douche hommes	25 a 30	1	30	
			Douche femmes	25 a 30	1	30	
		Vestiaire	Vestiaire hommes	20 a 25	1	25	
			Vestiaire femmes	20 a 25	1	25	
		Stockage		50 a 60	1	60	
		Locaux techniques		15 a 20	3	60	
Bureaux de clubs		15 a 20		100			
				surface totale (m ²)	4636		

IV.5.1 Organisation fonctionnelle d'une école

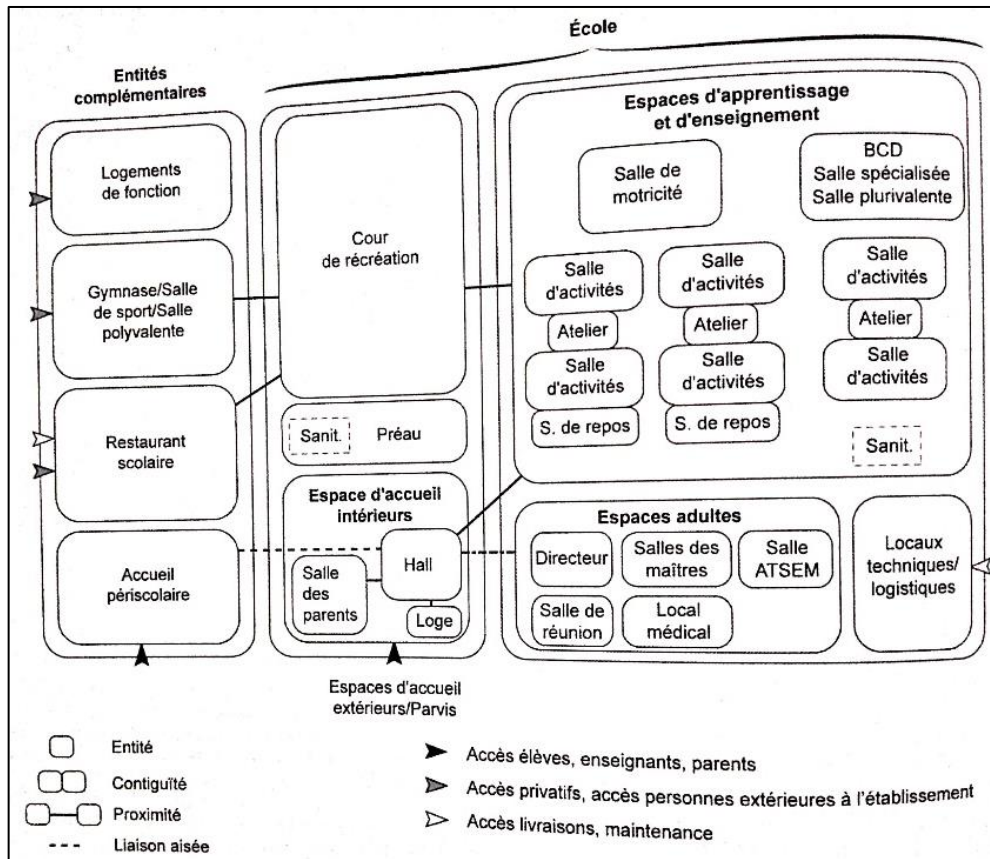


Figure 79: Schéma fonctionnel type d'une école maternelle

Source : livre « concevoir et construire une école primaire » page 182

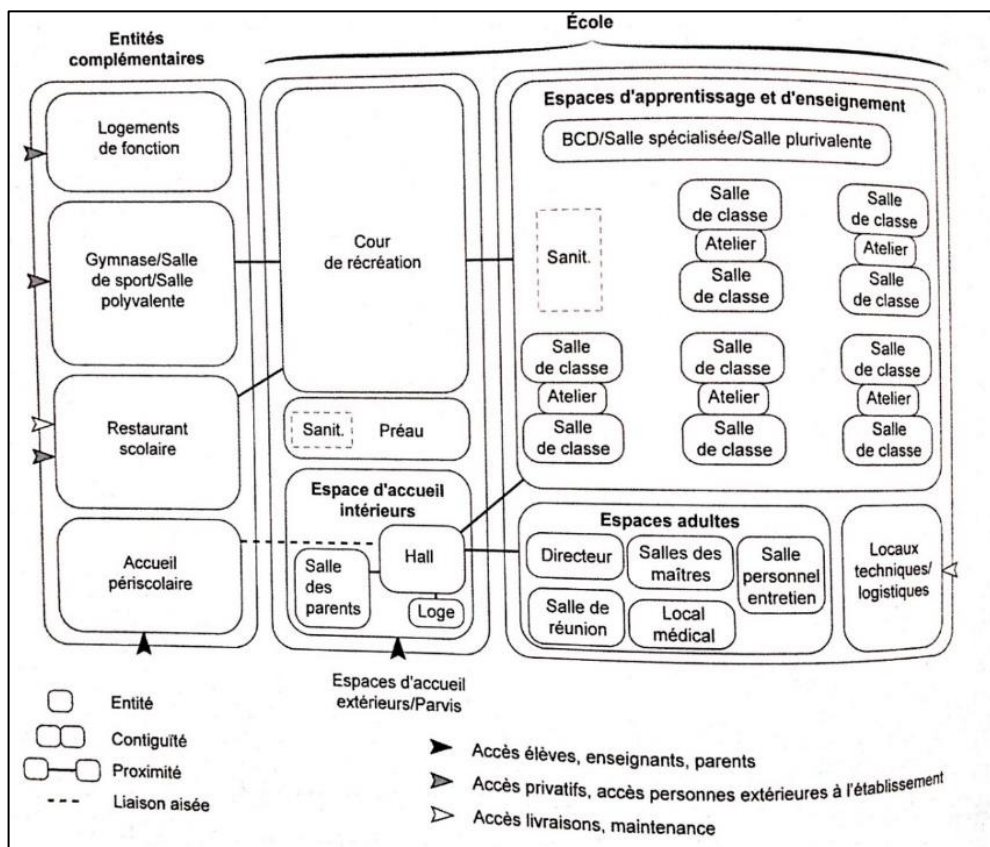


Figure 80: Schéma fonctionnel type d'une école élémentaire

Source : livre « concevoir et construire une école primaire » page 186

Cette figure illustre l'organisation fonctionnelle « type » d'une école maternelle.

Les espaces des enfants peuvent être organisés en pôle ou en réseau, une organisation mixte est aussi possible.⁴⁵

IV.6 Programme qualitatif

« La qualité de l'accueil dépend en premier lieu de l'aménagement des espaces, intérieurs comme extérieurs... Dans la classe, les lieux de regroupement contrastent avec les tables d'ateliers et des coins jeux isolés qui doivent pouvoir être perçus comme des refuges. Des ateliers permanents et fonctionnels comme le coin lecture ou l'atelier peinture sont clairement identifiables... Tous les équipements sont appropriés à l'âge et à la taille des enfants dans un souci de sécurité, d'hygiène, de confort et d'esthétique. »⁴⁶

L'école représente un lieu de vie et de travail pour les enfants, les enseignants et les autres personnels ainsi qu'un lieu de rencontre et d'échange pour les parents.

Les atteintes qualitatives sont multiples :

Au premier plan viennent	Les attentes et les besoins des enfants	Les adultes
<ul style="list-style-type: none"> - La convivialité - Le confort - La sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> - Le bien-être. - Le sentiment de sécurité. - La facilité de repérage pour se déplacer en autonomie. - Des espaces suffisants pour bouger. 	<ul style="list-style-type: none"> - La facilité de surveillance. - L'organisation rationnelle des espaces - La durabilité des matériaux.

Figure 81: Les atteintes qualitatives dans les écoles primaires

Source : construire et concevoir une école primaire, 2013

IV.6.1 Accueil

Fonction : l'accueil joue un rôle de vitrine de la vie de l'école, c'est un lieu d'exposition des travaux des enfants, un lieu de rencontre et d'échange entre les parents et les enseignants.

Localisation : Son positionnement central permet d'assurer la distribution vers les différentes entités du groupe scolaire.

Eclairage : l'éclairage naturel doit être privilégié

Equipement : Panneaux d'affichage pour l'exposition des travaux d'enfants.

Mobilier intégré : Affichage des consignes de sécurité, affichage du règlement intérieur de l'école, des comptes rendus des conseils d'école.

Prévoir également un panneau d'affichage pour la ou les associations de parents d'élèves.

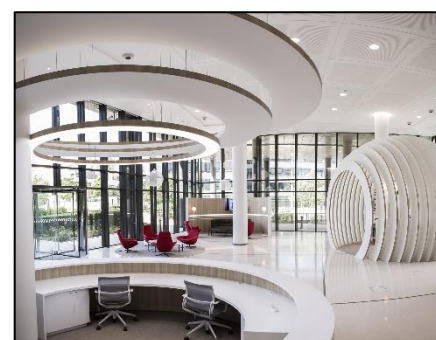


Figure 82: Espace d'accueil

Source : www.archdaily.com

⁴⁵ Livre « Construire et concevoir une école primaire page 182

⁴⁶ Bulletin Officiel (France) hors-série n°5 du 12 avril 2007, page 26

[Envisager un affichage électronique (diapos) pour les parents – enfants – élèves]

Couleurs : Privilégier les couleurs claires comme le blanc, le crème ou le gris pour donner un aspect lumineux et d'ouverture à l'espace. ⁴⁷

IV.6.2 Salle d'activités sportives pour maternelle

Fonction : Cette salle est dédiée à la pratique d'exercices obligatoires au bon développement physique, intellectuel et nerveux des élèves.

Il est possible de l'ouvrir à des activités associatives (gymnastique, danse, arts martiaux...) et municipales en dehors des horaires scolaires.

Il est donc nécessaire que les usagers puissent s'y rendre directement depuis l'accueil sans avoir à traverser d'autres locaux de l'école. Il est également envisageable que l'accès se fasse directement depuis l'extérieur (zone de transition).

Localisation : Du fait de son double voire triple usage (scolaire et associatif et/ou municipal), la salle d'activités sportives doit être aisément accessible depuis l'accueil.

Un accès direct sur la cour et le préau est souhaité pour favoriser le développement d'activités intérieures et extérieures.

Il est souhaitable que cette salle se situe au même niveau que la partie maternelle, afin de faciliter le déplacement des groupes d'enfants en bas âge.

Exigences particulières : La salle doit être accessible aux personnes à mobilité réduite.

Revêtement : La mise en œuvre d'un revêtement de sol sportif souple, non glissant et d'entretien aisé est souhaitable. En effet, les enfants sont susceptibles d'évoluer pieds nus ou à même le sol.

Eclairage : L'éclairage naturel doit être privilégié en contrôlant le rayonnement direct du soleil afin d'éviter le phénomène de surchauffe, notamment en période estivale.

L'éclairage artificiel doit être de qualité identique à celui d'une salle de classe. Les luminaires seront protégés contre les impacts (ballons).

Equipement : De grands rangements sont nécessaires



Figure 83: Salle d'activités sportives maternelle

Source : www.pinterest.com

⁴⁷ Hygiène et sécurité de l'usage des écoles primaires, inspection académique yonne

IV.6.3 Atelier maternelle

Fonction : Les ateliers sont utilisés pour les travaux en demi-groupes ne pouvant être réalisés dans la salle d'exercice (expérimentation, peinture, travaux de langage...). L'atelier apporte une fonction de flexibilité à l'espace de la classe, en permettant aux enseignants d'organiser des travaux en demi-groupes, tout en pouvant facilement encadrer chacun d'entre eux.⁴⁸

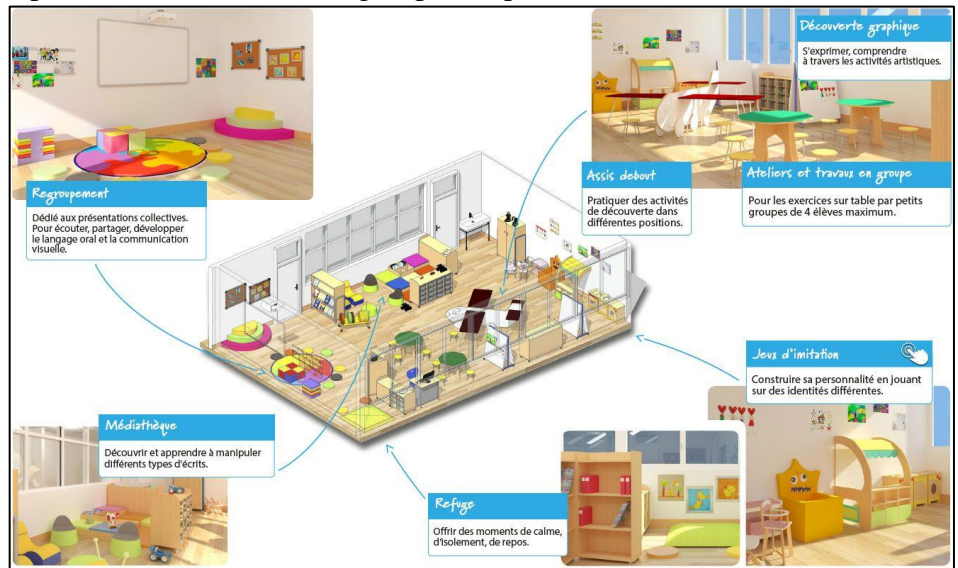


Figure 84: Ateliers maternels

Source : www.pinterest.com

IV.6.4 Salle de classe primaire

Le choix des mobiliers et équipements d'une école est un acte important dans le processus de construction. Il se fonde principalement sur des critères de fonctionnalité, de sécurité et d'esthétique. Le critère de fonctionnalité intègre notamment l'adaptation du matériel à l'âge des enfants. C'est pourquoi les normes dimensionnelles sont différentes entre école maternelle et école primaire.⁴⁹

i) Les différentes formes d'organisation de la salle de classe

- La disposition frontale avec des tables individuelles.

Chaque élève dispose d'une table individuelle, face au tableau.

Exemple d'une situation d'apprentissage adaptée à cette disposition : l'évaluation écrite individuelle

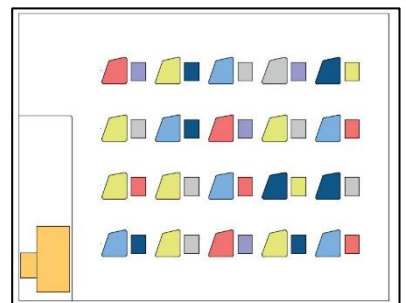


Figure 85: Disposition frontale avec des tables individuelles

Source : l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire traité par l'auteur

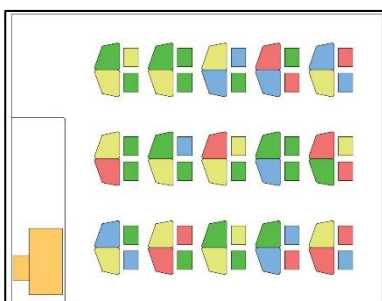


Figure 86: Disposition frontale avec des tables doubles

Source : l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire traité par l'auteur

- La disposition frontale avec des tables doubles.

Les élèves sont par deux face au tableau.

Exemple d'une situation d'apprentissage adaptée à cette disposition : exercice individuel ou par deux

⁴⁸ Hygiène et sécurité de l'usage des écoles primaires, inspection académique yonne

⁴⁹ François Dontenville, Alain Houchot, Concevoir et construire une école primaire 2013, page 249

- **La disposition frontale avec des tables doubles et quelques tables de groupe.**

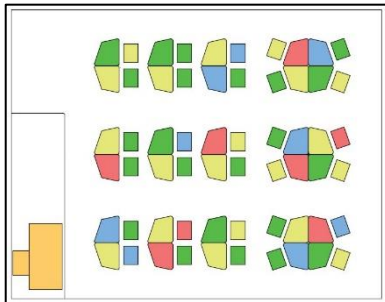


Figure 87: Disposition frontale avec des tables double et quelques tables de groupe

Source : l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire traité par l'auteur

Les élèves sont face au tableau et peuvent participer de temps en temps à des travaux de groupe.

Exemple d'une situation d'apprentissage adaptée à cette disposition : exercices individuels et groupes en activité de différenciation

- **La disposition en groupe**

La classe est composée de plusieurs tables de groupes.

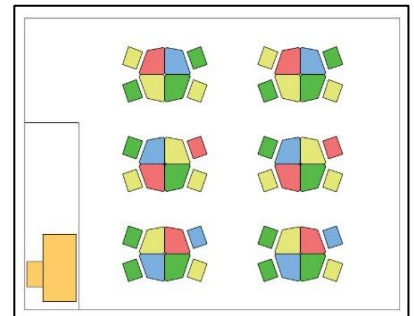


Figure 88: La disposition en groupe

Source : l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire traité par l'auteur

Exemple d'une situation d'apprentissage adaptée à cette disposition : activité de recherche en groupes.

- **La disposition face à face, en débat**

Deux rangées de tables se font face, de part et d'autre d'une allée centrale.

Exemple d'une situation d'apprentissage adaptée à cette disposition : débat argumentatif.

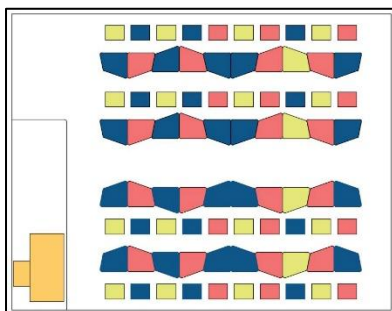


Figure 89: Disposition face à face

Source : l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire traité par l'auteur

- **La disposition U**

Les élèves sont disposés en U, certains face au tableau, d'autres sur le côté.

Exemple d'une situation d'apprentissage adaptée à cette disposition : présentation orale.

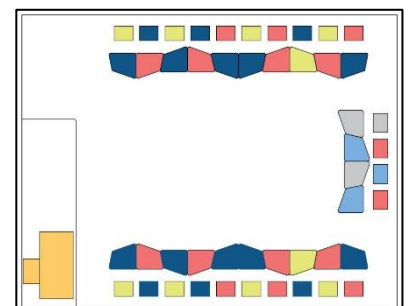


Figure 90: Disposition U

Source : l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire traité par l'auteur

- **La disposition en carré**

Les élèves sont placés dans un cercle fermé. Ils peuvent tous se voir.

Exemple d'une situation d'apprentissage adaptée à cette disposition : conseil d'élèves.

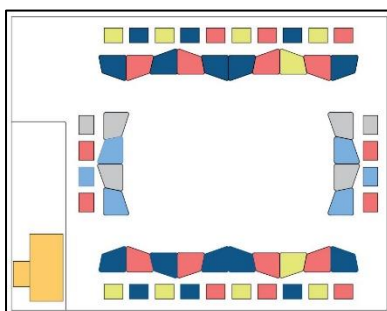


Figure 91: Disposition en carré

Source : l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire traité par l'auteur

- La disposition multiple

La classe comporte à la fois des tables en face du tableau, des tables individuelles, des tables de groupes, etc.

Exemple d'une situation d'apprentissage adaptée à cette disposition : activités et ateliers autonomes.

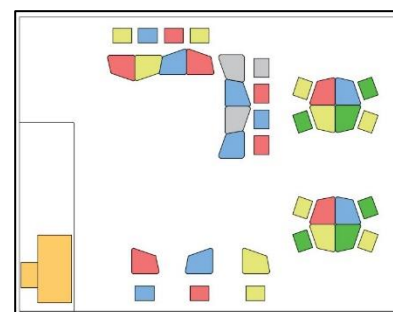


Figure 92 : Disposition multiple

Source : l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire

IV.6.5 Bibliothèque

Fonction : Lieu de lecture, d'éveil musical, de recherche de documentation, la bibliothèque centre de documentation à un rôle central dans la vie de l'école.

Organisée en deux zones, cet espace comprend également la salle informatique qui peut être séparée physiquement et acoustiquement, tout en conservant la relation visuelle (paroi vitrée).

De cette manière, il est possible d'organiser des travaux en demi-groupes (l'un travaillant sur les fonds documentaires, l'autre sur les postes informatiques) tout en facilitant la surveillance par un seul enseignant.

Localisation : au centre de la vie scolaire

En relation courte avec l'accueil. Une ouverture visuelle entre ces deux espaces est d'ailleurs souhaitable.

Eclairage : Éclairage naturel à privilégier en contrôlant le rayonnement direct du soleil pour éviter les surchauffes, d'une part, et pour protéger les ouvrages, d'autre part.

- Eclairage moyen à maintenir 250 – 500 lux

Confort acoustique : Le confort acoustique doit être particulièrement étudié pour favoriser une ambiance propice à la lecture.

Mobilier intégré : Des rayonnages plus hauts peuvent recevoir les ouvrages plutôt destinés aux prêts de la bibliothèque municipale, dans l'hypothèse où ce fonctionnement serait mis en place.

Tables et chaises pour les travaux (seul ou groupe). Une zone de détente pour la lecture individuelle.⁵⁰

IV.6.6 Salle de repos (sieste)

Fonction : La salle de repos permet aux enfants qui en ont besoin ou qui le souhaitent de faire une sieste, notamment après le déjeuner.

Localisation : L'une des salles de repos doit se trouver en relation courte avec la salle de classe.



Figure 93: Salle de repos

Source : ww.pinterest.com

Plus globalement, il est souhaitable que les salles de repos soient situées à proximité des salles de classe maternelles, pour permettre aux

⁵⁰ Hygiène et sécurité de l'usage des écoles primaires, inspection académique yonne, version pdf

enfants qui se réveillent de rejoindre leur classe, mais aussi pour en faciliter la surveillance par un enseignant.

La salle de repos est également en liaison courte avec les sanitaires.

Exigences particulières : Prévoir une fenêtre de surveillance depuis les circulations (ou depuis les salles de classe maternelles, selon l'organisation retenue pour les différents locaux), que l'on puisse occulter depuis l'extérieur de la salle de repos.

Confort – ambiance : L'ambiance de ce lieu doit être feutrée et propice au repos.

L'éclairage naturel n'est pas prioritaire, bien que des fenêtres puissent être nécessaires pour assurer une bonne aération naturelle du local.

L'éclairage artificiel devra proposer des luminaires à intensité variable pouvant, si nécessaire, fonctionner comme des veilleuses.

Le confort acoustique : L'isolement acoustique par rapport aux autres espaces sera important.

IV.6.7 Bureau directeur

Fonction : Le bureau de direction permet d'assurer la gestion administrative de l'école.

Le directeur (la directrice) peut y recevoir les parents d'élèves dans le cadre d'un entretien confidentiel ou des fournisseurs de matériel divers.

Localisation : en relation proche avec l'espace d'accueil

Exigences particulières : Cet espace, du fait de sa fonction singulière, doit être sécurisé vis à vis des enfants et de l'extérieur.

Eclairage : éclairage naturel à privilégier. L'éclairage artificiel sera de qualité identique à celui des salles de classe.

Mobilier intégré : 1 bureau 80 x 150 cm au minimum

1 poste informatique.

Des rangements intégrés fermant à clef.⁵¹

IV.6.8 Salle des enseignants

Fonction : Cette salle est à la fois un lieu de détente et de travail pour l'équipe enseignante.

Elle lui permet également de prendre des pauses ou éventuellement le repas, d'organiser des réunions internes ou encore de préparer les cours.



Figure 94: Salle des enseignants

Source : www.psy.be

⁵¹ Hygiène et sécurité de l'usage des écoles primaires, inspection académique yonne, version pdf

Localisation : La salle des enseignants doit se trouver en relation courte avec le bureau de direction sans être obligatoirement au même niveau. Une liaison (visuelle au moins) avec la cour serait appréciée.

Confort visuel : éclairage naturel à privilégier.

Equipement : grande table de réunion.

Mobilier intégré : rangements intégrés pour les dossiers et pour les échanges de documents (1 casier par enseignant au moins).

Prévoir l'implantation d'un poste informatique et de la photocopieuse.

1 plan de travail pour plaque chauffante et cafetière, 1 réfrigérateur, une micro-onde et un évier.

IV.6.9 Cabinet médical

Fonction : Cette petite salle est principalement utilisée dans le cadre de l'aide aux élèves en difficulté qui reçoivent des cours complémentaires en petit groupe.

Cet espace permet d'isoler un enfant malade, d'organiser les visites médicales annuelles ou celle du psychologue, ou encore d'apporter des soins aux enfants souffrant de troubles chroniques de la santé.

Localisation : il est souhaitable que cet espace bénéficie d'une certaine intimité par rapport aux circulations principales et aux cours de récréation.

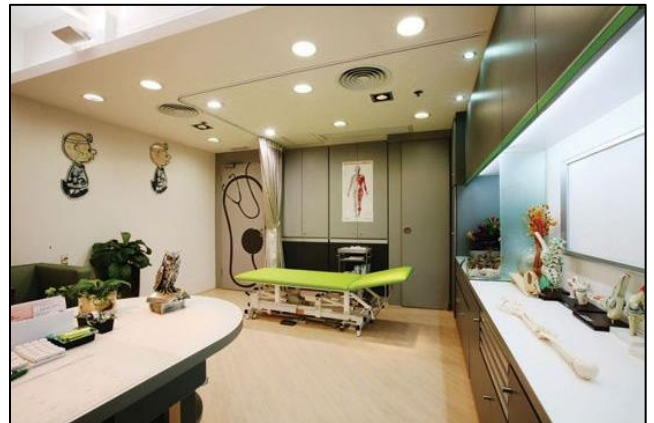


Figure 95: Cabinet médical

Source : www.pinterest.com

Prévoir un accès direct vers l'extérieur pour l'accueil des pompiers ou du médecin.

Confort acoustique / visuel : L'ambiance acoustique et lumineuse de cet espace doit être similaire à celle d'une salle de classe.

Revêtement : il est souhaitable que le traitement des murs et du sol favorise une ambiance chaleureuse et rassurante.

Equipement : prévoir des rangements de type étagères.

Mobilier intégré : 1 armoire à pharmacie sécurisée vis-à-vis des enfants.

1 lit pliable pour le repos ou l'auscultation des enfants malades.⁵²

⁵² Hygiène et sécurité de l'usage des écoles primaires, inspection académique yonne, version pdf

IV.6.10 Sanitaires enfants

Fonction : cet espace assure la disponibilité d'une zone de sanitaires à proximité de la salle d'activité sportive et de la bibliothèque centre de documentation. Ces sanitaires pourront également être utilisés aux heures périscolaires ou comme sanitaires de l'accueil.

Ils comprennent des WC de taille standard et d'autres adaptés à la taille des enfants de maternelle. Ils doivent respecter la pudeur des utilisateurs (cloisons).

Localisation : A proximité de l'accueil, de la salle d'activités sportives et de la bibliothèque centre de documentation.

Exigences particulières Prévoir un WC pour les personnes à mobilité réduite.

Ce local doit être d'entretien aisé.

Confort thermique : prévoir une bonne ventilation

Mobilier intégré : lavabos + miroirs ⁵³

IV.6.11 Salle des parents

Fonction : deux fonctions :

- Information des parents
- Rencontres

Localisation : Accessible de l'extérieur, aisément.

Exigences particulières : aisément identifiable.

Equipement : tables (réunion, rencontres)

IV.6.12 Stockage / archive

Fonction : lieux de stockage des archives de l'école et réserve à matériel.

Localisation : Indifférente, peut être installé en sous-sol.

Confort visuel : éclairage artificiel uniquement.

Mobilier intégré : table de consultation.

IV.6.13 Locaux techniques

Fonction : Locaux techniques de l'ensemble de l'équipement, rassemblant la chaufferie, la centrale de ventilation, l'armoire électrique principale...



Figure 96: Sanitaire enfants

Source : www.techni-contact.com

⁵³ Hygiène et sécurité de l'usage des écoles primaires, inspection académique yonne, version pdf

Localisation : L'organisation d'un atelier partagé par deux salles de classes avec une liaison directe permet d'en faciliter l'utilisation.

Ainsi un enseignant peut assurer la surveillance du groupe qui reste en salle d'exercice et du groupe travaillant dans l'atelier, sans quitter sa classe.

Pour faciliter cette surveillance, il convient de prévoir des parties vitrées (discontinues) qui puissent être occultées en cas de besoin, à l'aide d'un simple rideau.

Confort ambiance : L'ambiance acoustique et lumineuse doit autant que possible être similaire à celle d'une salle de classe.

Equipement : prévoir l'implantation d'un plan de travail.

Revêtement : Des matériaux faciles d'entretien pour le mur et le sol, le carrelage est à proscrire.

Revêtements muraux permettant l'affichage sur tous les murs ou au moins une majorité.

Equipement : prévoir de nombreux rangement dont une partie au moins est accessible directement pour les enfants. Certains rangements devront avoir une profondeur de 60 cm environ ; les parties hautes pourront être fermées (portes coulissantes), contrairement aux parties basses.

IV.6.14 Vestiaires

Fonction : Les vestiaires constituent un passage obligé entre l'extérieur et l'intérieur de la salle de classe.

Les enfants y déposent leurs vêtements chauds, et éventuellement leurs chaussures, pour accéder à la classe. Lors des périodes d'intempérie et en hiver, le vestiaire doit permettre d'assurer le séchage rapide des vêtements et des chaussures.

Localisation : Les vestiaires constituent une zone tampon entre les circulations et les salles de classe, ou entre l'extérieur et les salles de classe.

Confort thermique : Un chauffage approprié doit permettre le séchage rapide des habits des enfants les jours de pluie et en hiver.

Confort visuel : Privilégier l'éclairage naturel.

Equipement : Un système de grilles ou de barres porte-chaussures (pour ne pas poser les chaussures au sol et faciliter le nettoyage) pourrait également être intéressant (porte-chaussures et casiers à chaussons peuvent être l'un à côté de l'autre ou l'un au-dessus de l'autre).⁵⁴

⁵⁴ Hygiène et sécurité de l'usage des écoles primaires, inspection académique yonne, version pdf

IV.6.15 Salle de classe primaire

Fonction : La salle de classe est un espace d'enseignement devant être flexible pour faciliter l'organisation d'activités diverses.

C'est également un lieu de repère pour les différents groupes d'élèves, qui doivent pouvoir se l'approprier, s'y sentir bien.

Les salles de classe élémentaires doivent pouvoir être organisées de façon à faciliter les échanges (positionnement des tables en système circulaire ou en petits groupes).



Figure 97: Salle de classe primaire

Source : www.portakabin.fr

Localisation : Les salles de classe élémentaires peuvent être installées en étage.

Exigences particulières : La salle doit pouvoir être entièrement occultée.

Confort acoustique : Une attention particulière doit être portée au confort acoustique des salles de classe

Confort visuel : Éclairage naturel à privilégier. L'orientation plein sud est déconseillée s'il n'y a aucun système de protection du rayonnement direct

L'éclairage artificiel doit être homogène et favoriser le confort de travail.

Équipement et mobilier intégré : Prévoir de nombreux rangements dont une partie au moins est directement accessible pour les enfants.

1 tableau au minimum.

Revêtements : muraux permettant l'affichage sur tous les murs ou au moins 2 d'entre eux.

Matériaux : Des matériaux faciles d'entretien pour les murs et le sol.⁵⁵

IV.6.16 Atelier primaire

Fonction : Les ateliers sont utilisés pour les travaux en demi-groupes ne pouvant être réalisés dans la classe (« expérimentation scientifique », peinture...).

Ils peuvent également être utilisés pour des activités moins spécifiques, pour apporter une certaine souplesse dans l'organisation générale des activités des classes élémentaires.



Figure 98: Atelier primaire

Source : www.portakabin.fr

Localisation : Un atelier partagé par deux salles de classes et une liaison directe avec chaque classe.

Confort-ambiance : L'ambiance acoustique et lumineuse doit être similaire à celle d'une salle de classe.

⁵⁵ Hygiène et sécurité de l'usage des écoles primaires, inspection académique yonne, version pdf

IV.6.18 Stationnement automobile

Si un stationnement automobile intérieur ou extérieur est prévu pour le projet d'école, il doit comporter des places adaptées pour les personnes handicapées et réservé à leur usage, indiquées par un marquage au sol et une signalisation verticale.

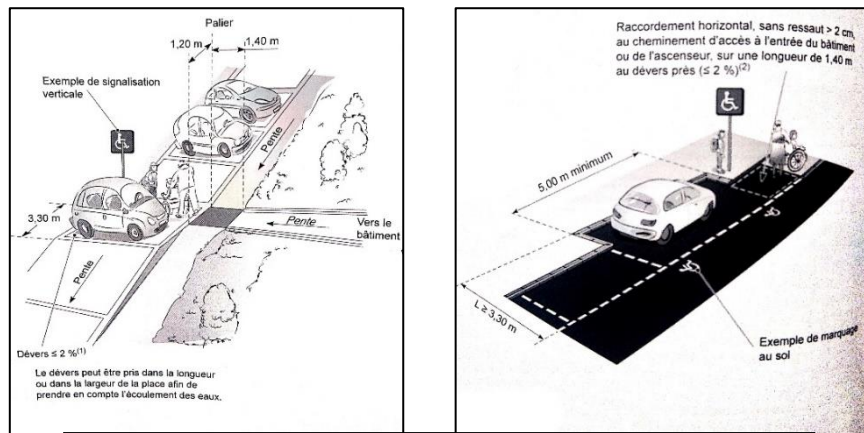


Figure 100: repérage et dimensions des places de stationnement adaptées

Source : livre « concevoir et construire une école primaire » page 92

IV.7 Synthèse du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons définis notre projet, ses missions et les entités mères qui le composent, nous avons aussi élaboré un programme quantitatif basé sur les recherches théoriques surtout en matière des intelligences multiples, mais aussi sur les exemples étudiés et les informations récoltés, le programme proposé a été sujet d'étude qualitative fixant les exigences de confort à satisfaire pour chaque genre d'espace, ses orientations vont nous être utiles au niveau de la phase conceptuelle.

CHAPITRE CONCEPTUEL

V.1 Introduction :

La conception architecturale est un processus complexe, qui se compose des différentes étapes de formalisation du projet à l'aide des études théoriques et analytiques précédentes.

Dans ce chapitre, on doit aussi tenir compte les conditions climatiques environnementales dans les étapes de processus de conception.

V.2 Volet architectural :

V.2.1 Les concepts

a) *Les concepts liés au thème*

- **La simplicité**

Favoriser la forme simple pour que l'enfant peut la garder dans son mémoire et le souvient facilement.

- **Multifonctionnalité**

Elle offre la capacité d'intégrer multiples activités dans le même bâtiment.

b) *Les concepts liés au programme*

- **Hierarchie**

Le projet présente un programme riche et diversifié qui nécessite une hiérarchisation dans la disposition de ces derniers afin que l'on puisse distinguer les entités mères et secondaires, des fonctions calmes et bruyantes.

- **Flexibilité**

Elle garantit à l'équipement une adaptation aux changements opérés sur l'espace et aux nouvelles exigences, afin de prévoir les différentes modifications, elle se traduit par la structure qui réduirait au maximum les contraintes d'aménagement de l'espace et la modularité de l'ensemble des composantes constructives.

- **Fonctionnalité**

Afin d'avoir un bon fonctionnement ; les différentes espaces seront disposés en fonction de leur relation et leurs caractéristiques pour obtenir une continuité et une complémentarité.

c) *Les concepts liés au contexte urbain*

- **La perméabilité :**

Elle assure la relation de l'équipement avec son environnement à travers ces différents accès (piéton et mécanique) et les relations fonctionnelles entre les différentes entités ; elle peut se traduire à travers les relations visuelles internes de l'équipement.

Cette notion est aussi assurée par la continuité spatiale et fonctionnelle entre le projet et son environnement (le quartier).

- **Les parcours**

Les parcours influent sur l'individu et dévoilent les caractéristiques spatiales et formelles du milieu dans lequel nous évoluons dans un parcours, les images peuvent se distinguer d'après la qualité de leur

structure, la façon dont les parties sont disposées et liées, donc l'espace inconnu exige des éléments de repère et d'ancrage permettant une orientation aisée.

d) *Les concepts liés à l'architecture*

- **Centralité :**

On peut définir l'aspect de la centralité comme un élément articulatoire et organisateur, qui assure les différentes liaisons fonctionnelles et spatiales, où l'espace centrale a pour but :

- ✓ Liberté du mouvement.
- ✓ Identification des espaces.
- ✓ Lecture rapide des espaces.

- **Unicité**

Elle consiste à unir les différentes parties du projet afin d'avoir une image cohérente de ce dernier.

- **Notion d'appel et de repère**

Le projet doit être un élément d'appel et de repère afin que les conférenciers et les participants puissent se repérer par rapport aux autres équipements, à travers sa position dans la ville, l'incorporation de volume présentant un haut gabarit, un traitement exceptionnel, ou une forme qui sort un peu de l'ordinaire.

- **Singularité**

La présence d'une forme, d'un élément unique qui ne se répéterait pas, son objectif est de marquer un moment fort de par sa signification ; son aspect formel, structurel et sa fonction.

- **La transparence**

Elle renforce l'accessibilité et implique la notion de continuité visuelle, c'est une façon de découvrir l'espace avant même de le franchir.

- **L'ouverture**

Le projet par sa fréquentation par une population doit être un équipement moderne qui s'ouvre sur le monde extérieur. Cette ouverture va donner plus de la liberté aux usagers afin qu'ils ne sentent pas cloisonnés.

- **Lisibilité**

La qualité visuelle, la clarté apparente se conjuguent pour créer une structure globale du projet qui lui permet d'être lisible à l'intérieur et se laisse découvrir à l'aide d'une fluidité et lisibilité de circulation.

e) *Les concepts liés à la durabilité*

- **L'implantation**

L'emplacement du projet au centre du site permet de profiter de l'environnement proche ou éloigné, pour améliorer le micro climat d'un site.

- **L'orientation**

Une bonne orientation du projet permet de réduire les consommations des énergies. L'orientation dominantes (Nord-Sud), pour un bon Ensoleillement pendant l'hiver et éviter des protections difficiles.

- **Forme optimale**

Les formes circulaires sont performantes du point de vue thermique (le ratio surface/volume est petit).

Le décrochement des volumes au niveau spatiale et plane (minimiser les surfaces exposées à l'ensoleillement par rapport aux autres surfaces).

- **Chauffage**

Conception architecturale intégrée avec l'utilisation d'un système de captage solaire passif (la serre).

- Stockage thermique direct.
- Conservation de la chaleur.
- Distribution de la chaleur dans la construction.
- Isolation de la construction contre les déperditions de chaleur et les facteurs extérieurs.

- **Climatisation**

Le refroidissement des locaux assure par des moyens naturels :

Une première solution consiste à favoriser la ventilation naturelle par système de patio.

Utilisation des toitures ventilées.

- **Conception d'ombrage**

Intégrée avec la conception architecturale (les décrochements des volumes, les arcades, les coursives, les brise-soleils, le système pilotis).

Dans la mesure où des ouvertures orientées à l'est et à l'ouest n'ont pas pu être évitée, celles-ci devront comporter des brises soleil à lames verticales qui remplacent des écrans horizontaux.

- **Protection des parcours extérieurs**

Cette protection est assurée par des éléments complémentaires (les galeries, les portes à faux ou par des plantations à feuilles persistantes).

- **La végétation**

La végétation à feuilles caduques procure un ombrage naturel saisonnier, et permet de profiter de la lumière et de l'ensoleillement en hiver tout en créant un ombrage en été.

Une chaîne de plantations à feuilles persistantes proposées au côté nord-ouest pour briser les vents froids.

- **Matériaux de construction**

Utilisation de matériaux locaux durables : pierre, sable, argile, chêne, paille.

V.2.2 L'idée d'inspiration

Pour construire son intelligence, l'être humain qui vient de naître commence par fixer dans les fibres de son cerveau les informations qu'il perçoit du monde extérieur.

Chaque image, chaque interaction, laisse comme une trace de mémoire de l'expérience vécue en connectant des neurones, ces connexions de neurones s'appellent des « synapses »



Figure 101: Forme de neurone

Source : www.futura-science.com

Elle commence à se former dans le ventre de la mère, puis augmente de façon extrêmement rapide dès la naissance. 700 à 1000 nouvelles connexions par seconde se créent pendant les 5 premières années de la vie, tout ce que nous faisons avec lui ou devant lui, tout ce qu'il perçoit du monde, crée une connexion dans le cerveau d'un enfant. Il atteint donc une très grande quantité de synapse, grâce aux sens qu'il le relie à la vie, ils lui permettent de percevoir le monde qui l'entoure, ils sont au nombre de cinq : **l'ouïe, l'odorat, le goût, le toucher et la vue**. À chaque sens, correspond un organe.

Pour preuve une petite comparaison :

Le réseau internet mondiale possède 100 mille milliards de connexion entre ces pages web, on appelle cela les « hyperliens », mais le cerveau de l'adulte lui possède le triple de connexion entre ses neurones, le cerveau de l'enfant possède 10 fois plus de connexion que le réseau Internet mondial, 1 million de milliards de connexion synaptique, ce qui signifie qu'il lui suffit de vivre et d'être en relation avec le monde pour créer un foisonnement de connexion neuronale

Il est bien évident qu'un manque d'étayage et d'exploration lors de cette période affame le cerveau et abime la construction de l'intelligence, car de la même façon que des fondations fragiles et compromettent la stabilité d'une maison. De faible fondation créée par le bébé altere l'architecture cérébrale de l'adulte qu'il sera. Lors de cette période il est donc essentiel de nourrir le cerveau en interagissant positivement avec l'enfant et en le laissant explorer le monde.

L'idée du projet tourne au tour de cette réflexion, elle est inspirée des synapses et des 5 sens de l'homme.

V.2.3 Genèse du projet

a) Les données de site :

On trace les axes du site qui deviendront à leur tour axes du projet, à savoir l'axe climatique Est- Ouest et l'axe de perception du site d'intervention qui est orienté Nord-Sud.

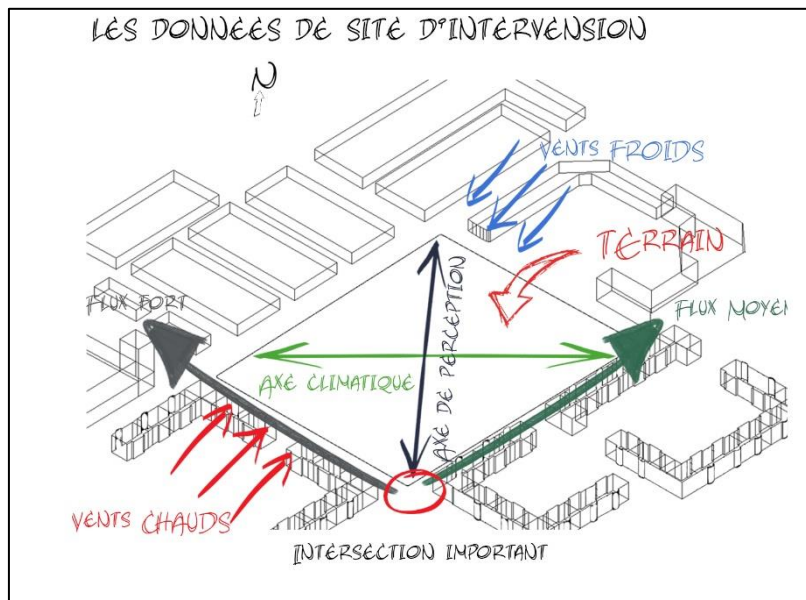
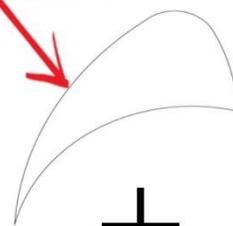


Figure 102: Les données de site

Source : auteur

INSPIRATION DE LA FORME



LES 5 SENS DE L'HOMME



Figure 103: inspiration de la forme du projet

Source : auteur

b) La formulation

Etape 01 : les différents accès

- L'accès principale au niveau de l'intersection entre les deux voies importantes avec un retrait pour la sécurité des enfants.
- Un accès secondaire proche à la zone multifonctionnelle.
- Un accès de service au niveau de la voie tertiaire ou le flux est faible pour faciliter l'entrée et la sortie des véhicules, et qu'il ne cause pas des problèmes de circulation routière.
- Un accès de parking de visiteur au niveau de la voie secondaire.

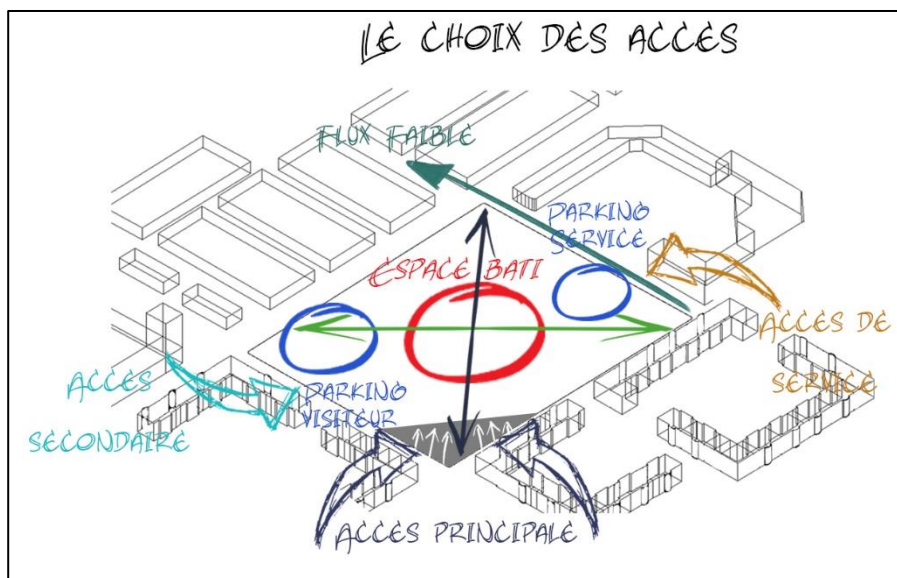


Figure 104: Choix des accès

Source : auteur

Etape 02 : Positionnement des entités

- L'entité maternelle et élémentaire et administratif au milieu de l'assiette pour éviter tout source de nuisance mécanique et piétonnière extérieure.

- L'entité de restauration proche de la voie tertiaire. Cette entité a besoin d'alimenter par des véhicules.

- La zone multifonctionnelle près de la voie principale et secondaire

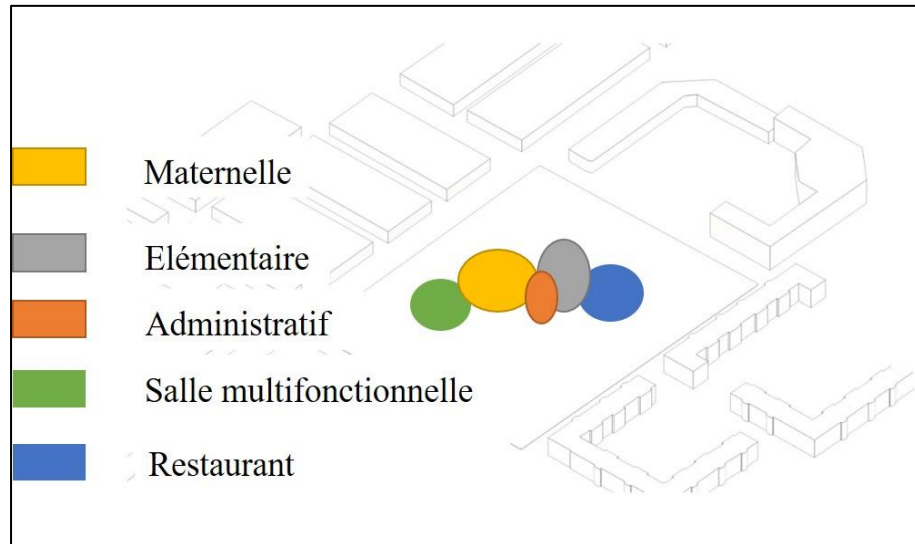


Figure 105: zoning

Source : auteur

Etape 03 : Implantation de la masse bâti et non bâti :

La masse bâtie est implantée au centre du site (La végétation et les bassins d'eau, la trame verte et bleue) : sont implantés au niveau du côté sud et du côté nord du terrain.

Du côté nord : opter pour des arbres à feuilles persistantes pour briser les vents dominants.

Du côté sud : opter pour les arbres à feuilles caduques pour permettre d'ombrager en été et d'éclairer en hiver.

Les bassins d'eau successifs constituent le meilleur filtre contre les vents de sable au sud.

Le volume doit être compact et la façade la plus longue doit être orientée sud-nord pour répondre aux exigences de durabilité.

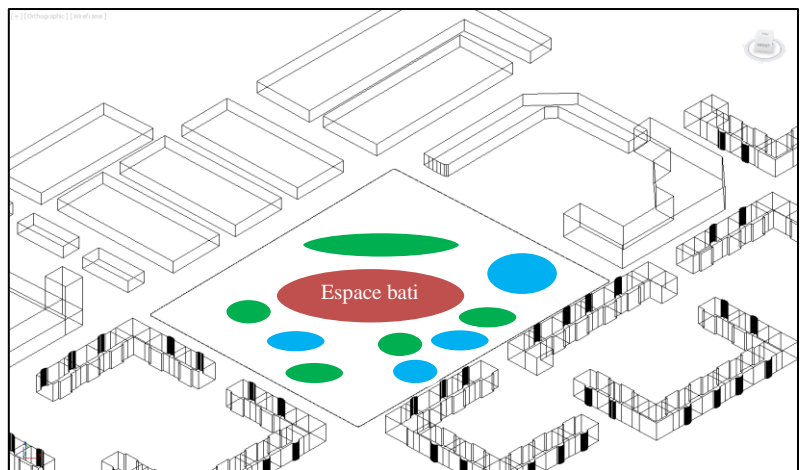


Figure 106: Implantation de la masse bâtie et choix des accès

Source : auteur

Etape 04 : Evolution formelle

La forme du volume de base est inspirée de la forme du neurone, une répétition de cette forme s'effectuera en nombre des 5 sens de l'homme.

Le premier volume est implanté selon l'axe climatique, sa forme courbée au sud nous permet de dévier les vents chauds et assurer la fluidité formelle.

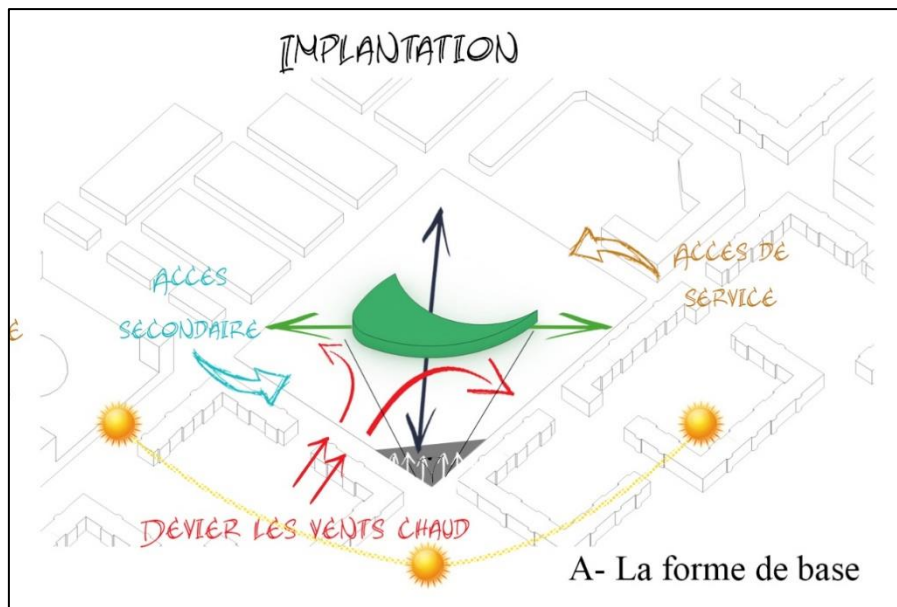


Figure 107: Les espaces non bâtis

Source : auteur

Un deuxième volume similaire au premier dans le côté nord pour la continuité de cette façade. Avec une rotation puis un ajustement de ce volume pour avoir la continuité de la courbe du premier volume.

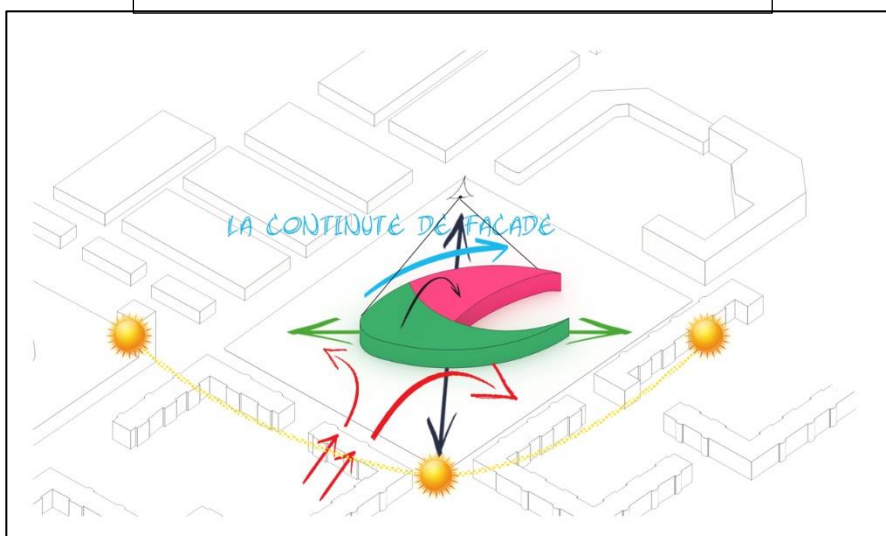


Figure 108: le choix formel

Source : auteur

Un troisième volume est ajouté entre les deux premiers pour compacter le volume global et minimiser la surface de la cour d'entrée.

Des ajustements au niveau formel de ce dernier volume sont faits pour homogénéiser l'ensemble.

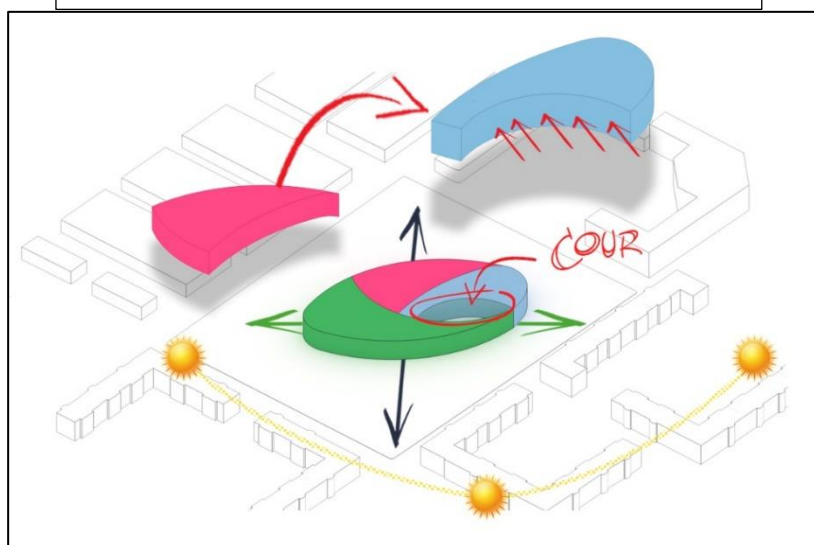


Figure 109: évolution formelle et géométrique

Source : auteur

Etape 05 : Achèvement de la formalisation volumétrique et l'affectation des différentes entités

Deux autres volumes sont ajoutés au niveau des côtés est et ouest de sens inverse pour équilibrer la forme, ces deux nouveaux éléments rendent la forme plus dynamique

Les entités : (Salle multifonctionnelle, Maternelle, Primaire, Administration, restauration).

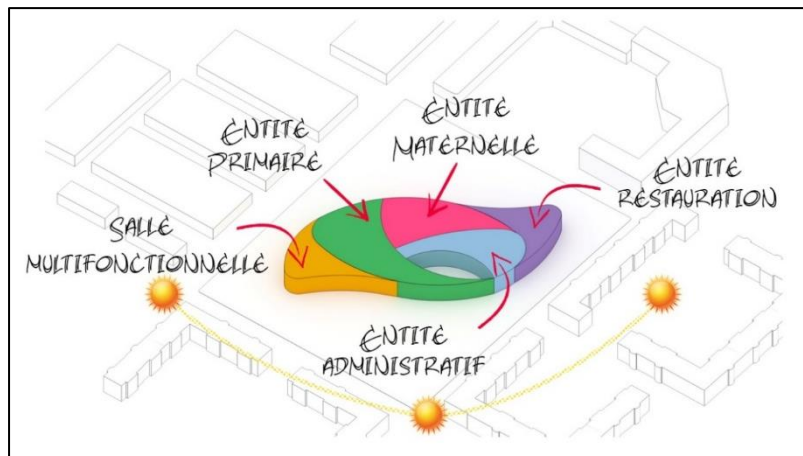


Figure 110: Achèvement de la formalisation volumétrique

Source : auteur

Etape 06 : toitures et hauteurs, continuité urbaine

Différencier la hauteur des volumes et créer une rampe au niveau du volume de primaire qui vas être un jardin accessible aux élèves d'école ainsi qu'aux habitants du quartier, et une deuxième rampe au niveau du volume de maternelle qui vas être une terrasse jardin seulement pour les élèves.

Réduire la hauteur de l'entité administrative pour permettre au volume de maternelle de profiter des rayons du soleil.

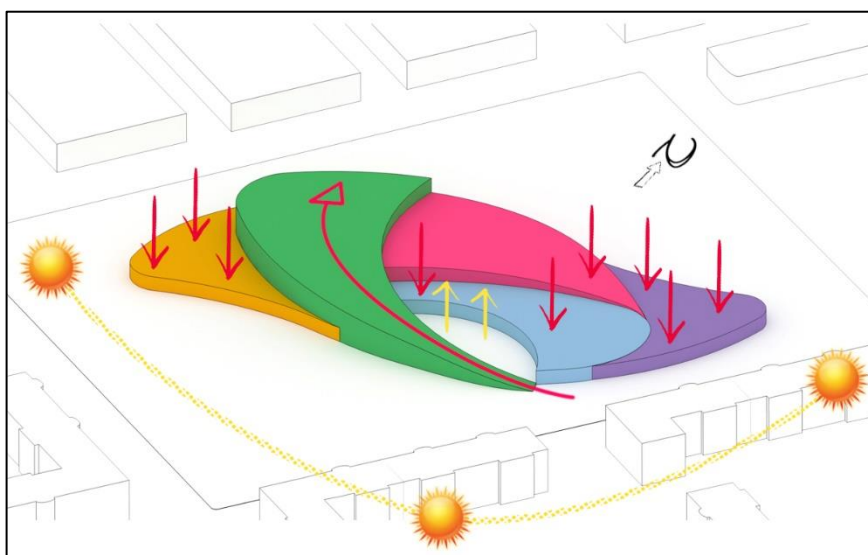


Figure 111: toitures et hauteurs, continuité urbaine

Source : auteur

Enterrer les volumes de la salle multifonctionnelle et restauration pour profiter de l'inertie thermique du sol.

Ces jeux de hauteurs et de toitures permettent de mouvementer le volume et lui offrir un maximum de fluidité

Etape 07 : Evidement des volumes

Evidement des volumes de maternelle et de l'élémentaire selon la forme de ces deux volumes pour créer des cours de récréation.

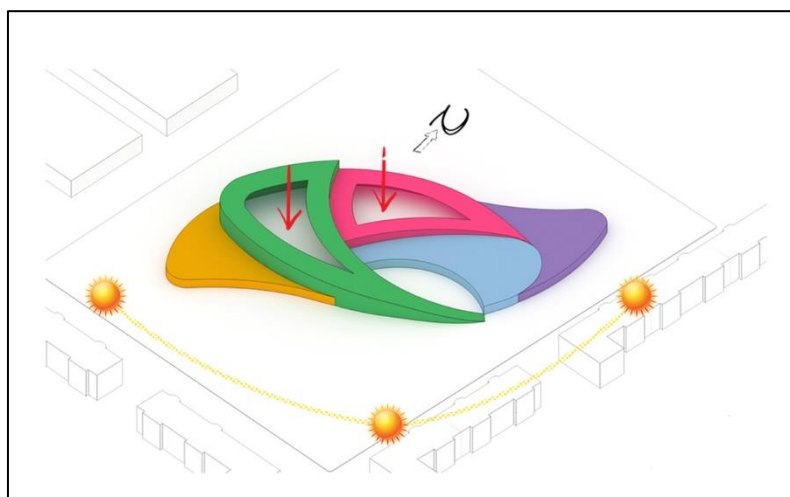


Figure 112: Evidement des volumes

Source : auteur

c) Conception des espaces extérieurs

Les espaces extérieurs représentent un pourcentage important du terrain, ce qui confirme le caractère environnemental du projet en participant à créer son microclimat propice. La forme fluide du projet a généré la forme de ses espaces extérieurs, où notre volonté a été d'exprimer le concept de fluidité qui va de l'échelle urbaine à l'échelle architecturale.

Des parcours dynamiques et fluides caractérisent l'aménagement extérieur qui a profondément pensé en prévoyant des espaces de jeux du côté de la maternelle, une serre de plantations potagère du côté de l'accès pour y planter et approvisionner l'entité de consommation en exprimant l'aspect économique et durable du projet, dans le même sens, des espaces d'éducation environnementale ont aussi été prévus en extension de ces mêmes espaces qui existent à l'intérieur, la circulation mécanique est périphérique y compris les parkings et ce pour garantir la sécurité des enfants d'une part et accentuer l'aspect durable du projet d'une autre part.

Des bassins d'eau ont été implantés sur la périphérie du bâti pour profiter de sa réflectivité qui participe à donner de la hauteur au projet qui se développe à l'horizontale, ils participent aussi par leur rôle climatique au rafraîchissement de l'air du côté des ouvertures zénithales des entités semi enterrées en l'occurrence la salle multifonctionnelle et le réfectoire.

Des espaces d'activités et d'éveil culturel ont aussi été pensés en l'occurrence des espaces de dessin en plein air, des espaces de sport. Des aménagements de production énergétique font aussi partie de l'ensemble à savoir les arbres à vent, les panneaux photovoltaïques...



Figure 114: Parking protégé par des panneaux photovoltaïques

Source : Auteur

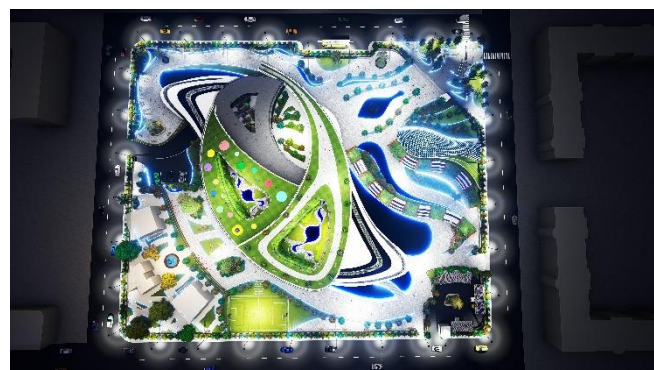


Figure 113: plan de masse 3D

Source : auteur



Figure 115: Pergola pour la protection solaire

Source : auteur



Figure 116: Des lignes fluides et dirigeantes

Source : auteur

V.2.4 Plan de masse :

Une hiérarchie des espaces permettant une orientation adéquate. L'implantation et l'orientation du bâtiment offrent impérativement une possibilité d'accès au projet à travers les diverses voies qui l'entourent ; il est desservi par 4 voies mécaniques.

Pour les aires de stationnement nous avons projeté trois parkings, le premier réservé à la salle multifonctionnelle, le deuxième réservé pour le service, les responsables et les logements fonctionnels.

L'école est pourvue de cinq accès principaux ; l'accès principal et deux secourt. Deux accès pour la salle multifonctionnelle l'un pour services (restaurant).

La conception des passages piétonniers entourée le projet et l'espaces verts traduit la démarche environnementale du projet par ses divers aspects : des arbres à feuilles persistantes au nord pour briser les vents froids.

Des arbres à feuilles caduques au sud pour créer l'ombre et filtrer les vents de sable ainsi pour permettent les pénétrations des rayons solaire en hiver.

Aussi l'utilisation des plans d'eau pour humidifier l'air chaud.

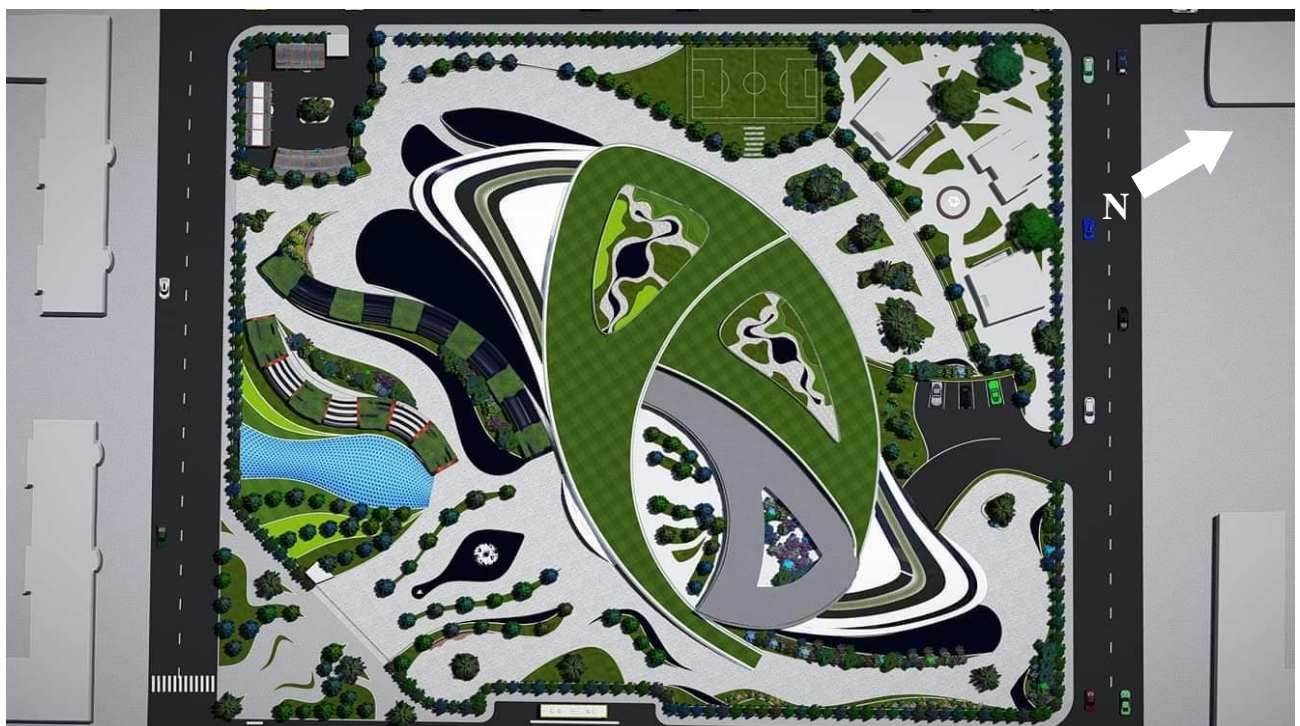


Figure 117: Vue sur plan de masse

Source : Auteur

V.2.1 Lecture des plans :

Le projet est caractérisé par une forme simple et fluide qui assure la conciliation entre les aspects de l'architecture durable en termes de compacité du volume d'une part, et la fonctionnalité des espaces et la sécurité de l'enfant d'une autre part.

Les différents espaces s'organisent autour de deux cours intérieures ça permet de profiter de l'éclairage naturel et appliquer les stratégies bioclimatiques (le réchauffement des espaces en hiver et laisser pénétrer l'air frais en été).

a) Plan de rez-de-chaussée

Le rez-de-chaussée contient 2 entités principales et 2 entités complémentaires :

Nous avons mis la maternelle au RDC pour faciliter le déplacement de petits enfants et éviter les risques de la hauteur.

Le bloc administratif a été disposé au centre du projet pour gérer, surveiller et contrôler différents espaces.

Les espaces complémentaires à savoir la salle multifonctionnelle et le restaurant, ont été positionnés aux extrémités du projet de part et d'autre car ils constituent des sources de nuisance ; et risquent de perturber la concentration des élèves dans les heures de scolarisation.

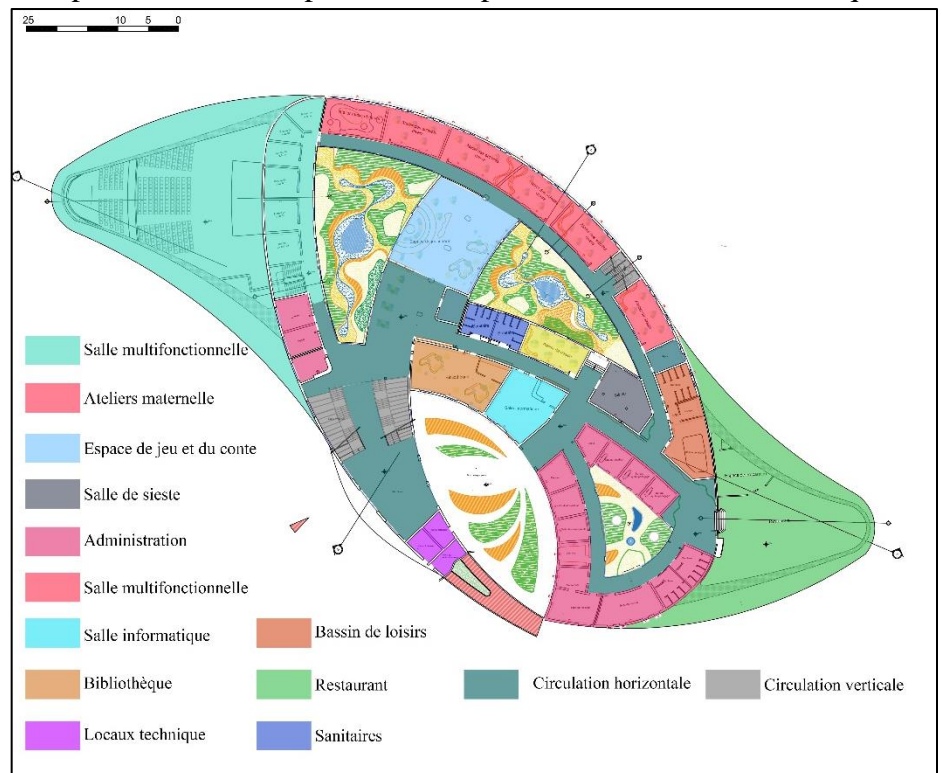


Figure 118: Plan rez-de-chaussée

Source : auteur

L'entrée principale est placée sur l'axe de perception du projet au centre de la façade principale sous la rampe végétalisée menant au jardin terrasse.

Le hall d'accès est un espace vaste et dégagé qui constitue un espace de regroupement intérieur des élèves et un espace convivial doté d'activités d'éveil et de stimulation, il contient un escalier qui mène vers le 1^{er} étage, qui a un deuxième rôle de repos et de lecture pour les élèves sous lesquels il y a les casiers des élèves à la droite, et un espace de réception et d'orientation à la gauche.

Le hall offre la possibilité de se diriger vers l'entité maternelle à gauche en aboutissant sur un espace de conte et de regroupement, qui assure une continuité visuelle intérieur-extérieur par sa portion entre deux cours de récréation, ce large espace offre la possibilité d'accueillir d'autres fonctions que celle du conte.

Les différents espaces de l'entité maternelle sont disposés dans le côté nord pour ouvrir ces espaces sur l'extérieur, et bénéficier de l'éclairage naturel surtout pour les ateliers de dessins, une salle de repos et un bassin de loisir ont été prévus.

Des bureaux d'associations ou de clubs ont été prévus au côté ouest, destinés aux différents organismes culturels, sportifs et scientifiques, ce sont des espaces complémentaires à salle multifonctionnelle et peuvent être séparé des espaces l'école.

Le hall d'entrée offre aussi la possibilité de se diriger vers l'entité administrative par le biais d'une cour de transition abritant l'activité de l'éducation environnementale où un mur perforé dédié aux enfants afin d'y planter leurs propres plantations et les suivre pendant leur développement.

La bibliothèque et la salle d'informatique donnent sur la cour d'éducation environnementale, ils sont séparés par une cloison vitrée qui les lie visuellement.

Les différents bureaux administratifs, le bureau de directeur et les bureaux psychopédagogiques s'organisent autour d'un atrium aménagé en espaces végétalisés.

A l'extrémité est du projet, on trouve le réfectoire doté d'un accès indépendant de l'extérieur et d'une relation verticale avec la cuisine positionnée dans la partie inférieure.

d) Plan étage :

Ce niveau est totalement réservé pour les élèves de l'élémentaire.

Il contient : une terrasse liée par une rampe végétalisée pour la récréation des élèves ; des salles de classe et ateliers d'apprentissage.

L'escalier du hall d'entrée dans le RDC nous mène directement vers le 1^{er} étage, Ou on trouve deux bureaux de surveillance et un espace de regroupement pour les élèves de l'élémentaire. Ce dernier espace offre la possibilité d'exploiter la totalité de 1^{er} étage par des parcours lient les différentes salles et ateliers.

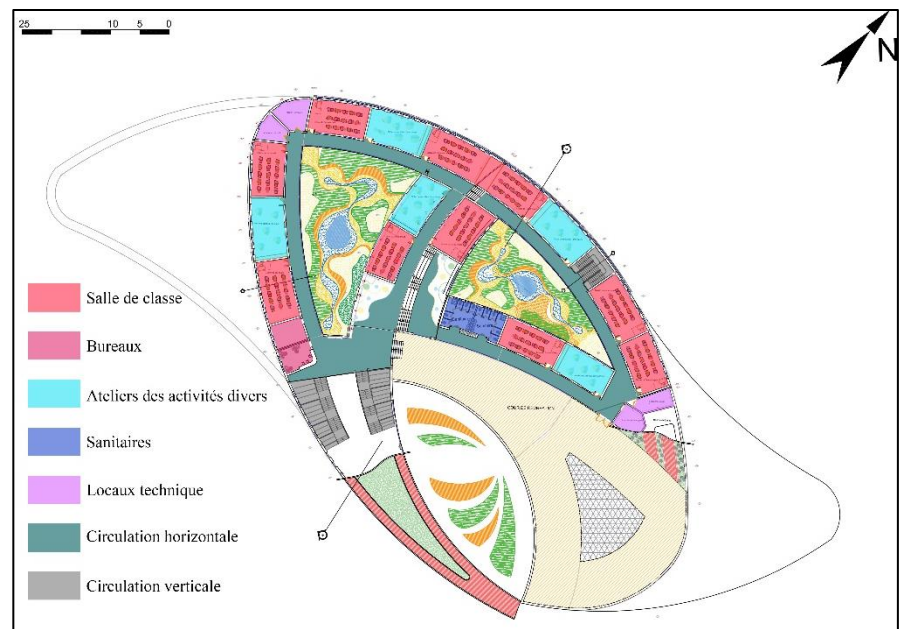


Figure 119: Plan 1er étage

Source : auteur

Les sanitaires sont près de l'espace de regroupement.

Les salles de classe et les ateliers sont orientés nord, cette orientation nous offre la possibilité d'ouvrir ces espaces vers l'extérieur et profiter l'éclairage naturel, et pour la façade sud on peut profiter les rayons de soleil et les stocker pour le réchauffement de locaux.

Des autres classes sont orienté ouest, cette orientation est défavorable alors qu'on a prévu des protections végétales sur la façade intérieure de ces espaces.

Les classes orientées ouest donnant sur la façade principale sont dotées de protection solaire en moucharabieh inspiré des synapses.

Entre chaque deux salles de classe nous avons placé un atelier pour les activités divers, dans le but de développer les connaissances théoriques et aussi exercer les activités pratiques des élèves.

e) Plan de sous-sol :

Dans le sous-sol nous avons deux niveaux différents de part et d'autre du projet abritant deux entités différentes (la salle multifonctionnelle et le réfectoire), nous avons choisi d'enterrer ces deux entités pour profiter de l'inertie du sol, parce que ces espaces sont très vastes et ils se caractérisent par une grande capacité d'accueil, ça nous permet de minimiser les dépenses énergétiques pour le chauffage et la climatisation :

La cuisine :

Cette entité contient les différents espaces de préparation des repas, le dépôt et les chambres froides, cette partie se trouve au niveau - 4.70 m, sur laquelle est superposé le réfectoire accessible à partir du RDC.

La salle multifonctionnelle :

Cette entité va accueillir les élèves dans les heures de scolarisation pour pratiquer les séances du sport, de spectacle, de cinéma...

Elle est aussi destinée à accueillir les évènements culturels, sociaux, politiques et même familiaux aux habitants du quartier en périodes extrascolaires.

Elle est dotée d'un accès principal dans le niveau +0.00 du projet, et un accès secondaire latéral.

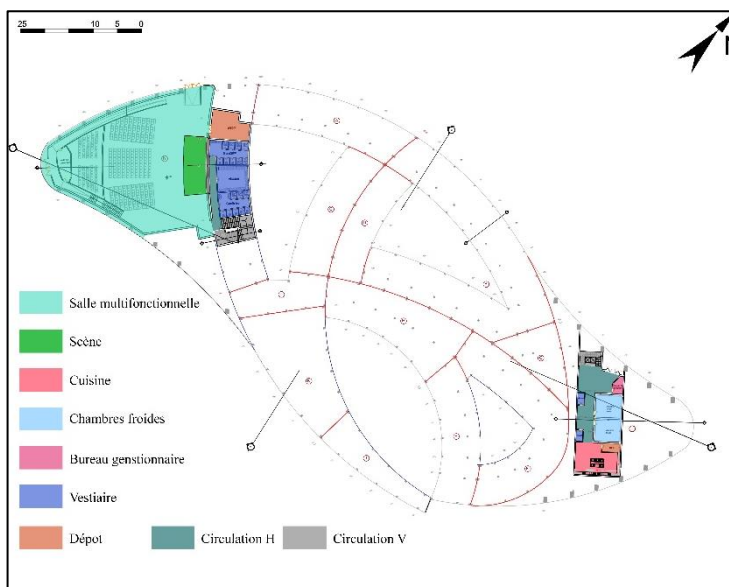


Figure 120: Plan sous-sol niveau -3m

Source : auteur

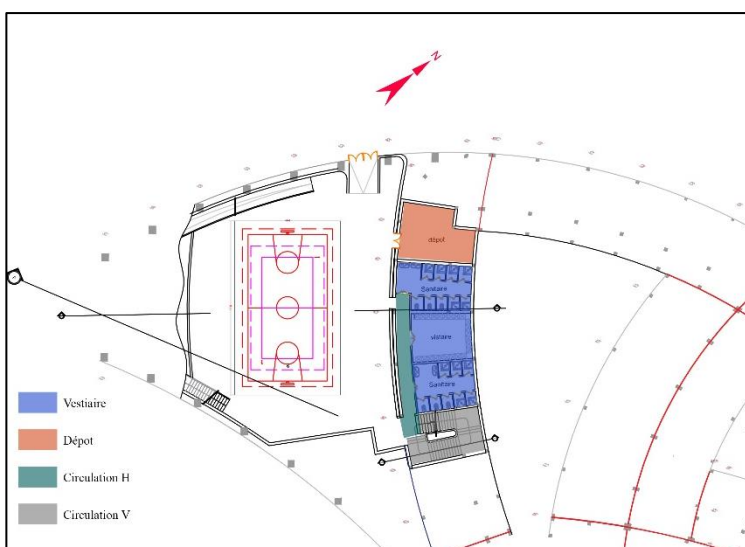


Figure 121: Plan sous-sol niveau -6.45

Source : auteur

• Circulation verticale

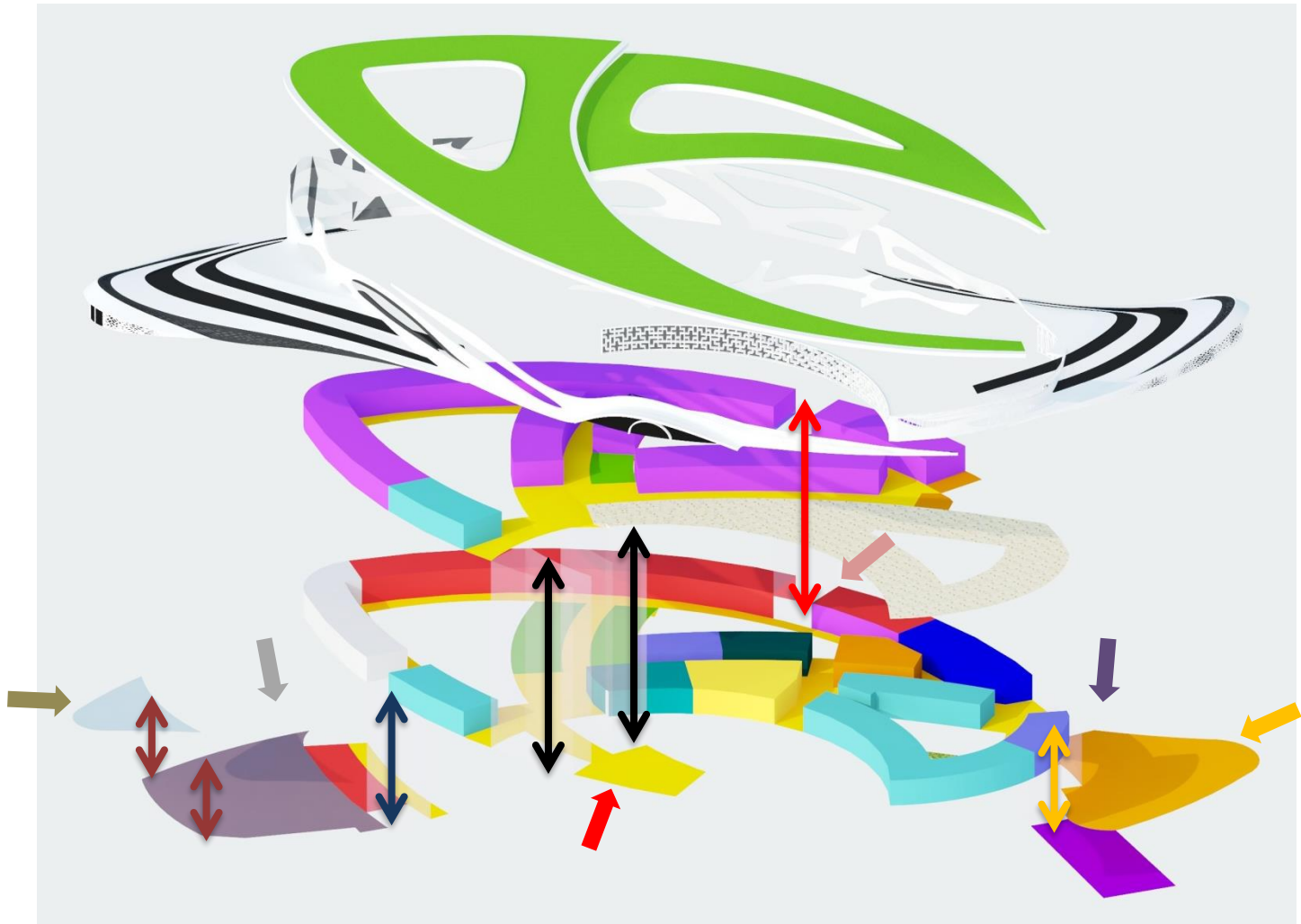


Figure 122: Schéma représente la circulation verticale entre les différents niveaux
 Source : auteur

	Les escaliers principaux entre RDC et l'étage
	L'escalier secondaire entre RDC et l'étage
	Circuit pour le service restaurant (Escalier et ascenseur) sous-sol vers les autres niveaux.
	Les escaliers de la salle multifonctionnelle secondaire entre le sous-sol et RDC
	Les rampes de la salle multifonctionnelle
	L'entre principal
	L'entrée secondaire
	L'entrée principale de la salle multifonctionnelle
	L'entrée secondaire de la salle multifonctionnelle
	L'entrée pour les services : restaurant
	L'entrée principale de restaurant

• **Circuits**

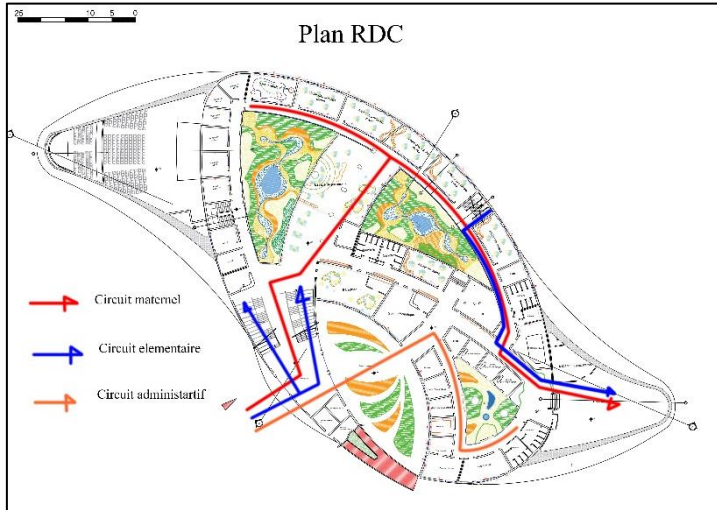


Figure 124: Circuits RDC

Source : auteur

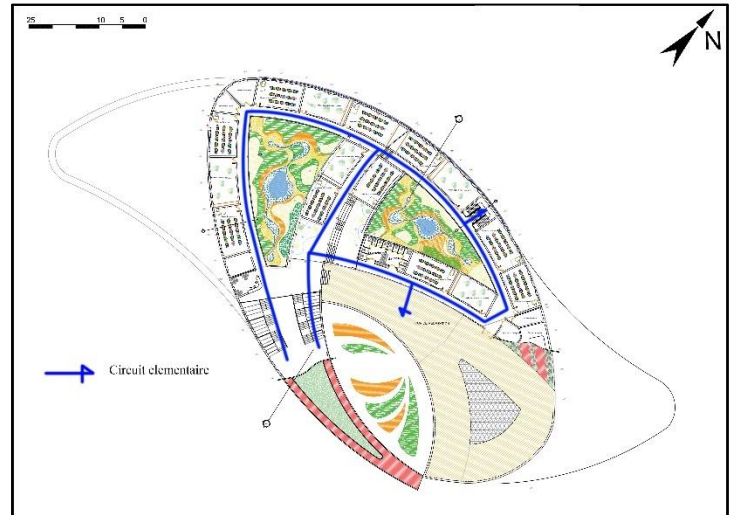


Figure 123: Circuit étage

Source : auteur

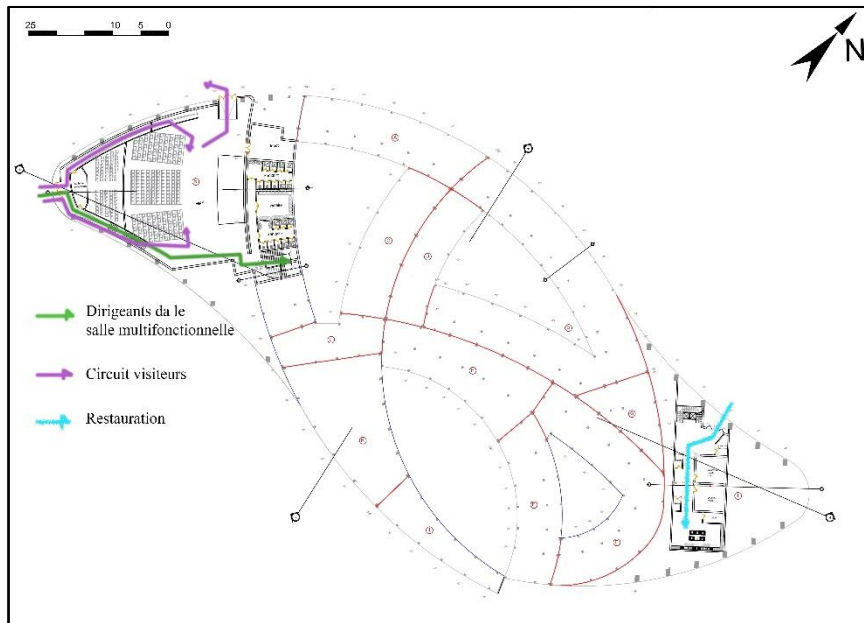


Figure 125: Circuit sous-sol

Source : auteur

• **COUPEAA**

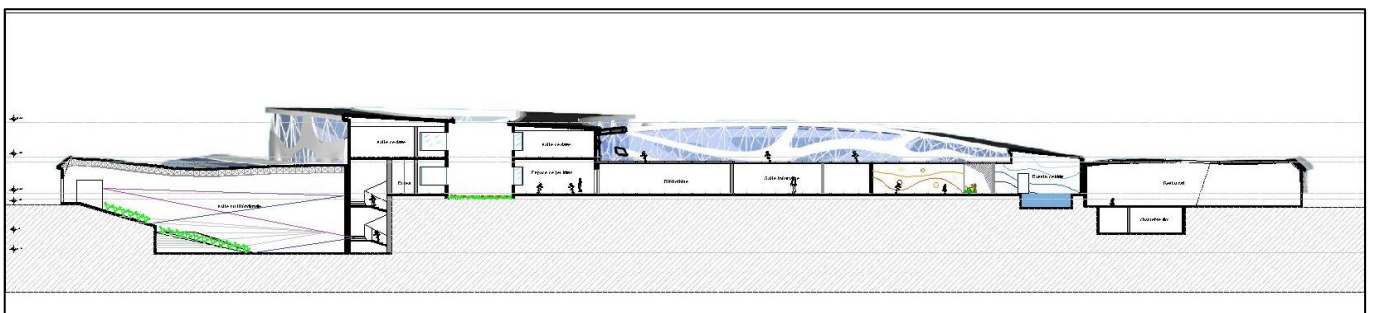


Figure 126 : Coupe

Source : auteur

• Coupe B-B

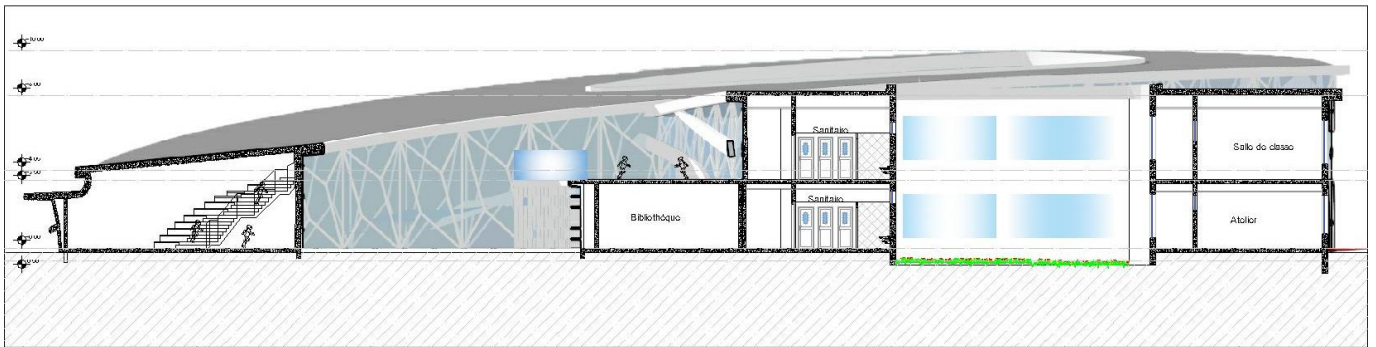


Figure 127: Coupe B-B

Source : auteur

V.2.2 Principes de conception des façades :

a) L'idée de la façade :

L'idée principale de la façade fait rappel à l'idée du projet qui est les synapses.

- La connexion entre les neurones se fait à l'aide de connecteurs qui tissent le lien entre un nombre interminable de neurones en créant des synapses servant à sauvegarder l'information.

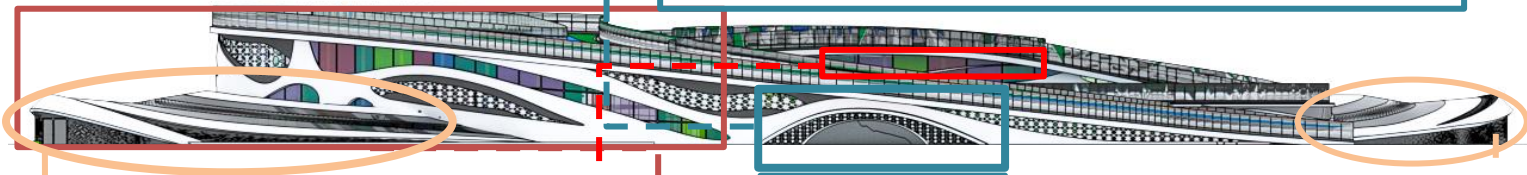


- Le traitement de la façade s'inspire de ces connecteurs tissés pour constituer le lien entre les différentes entités par un traitement horizontal mouvementé qui assure l'homogénéité du projet.
- Un deuxième traitement accentue aussi l'idée des neurones, c'est un traitement en moucharabieh composé d'un élément répétitif inspiré d'un neurone.
- L'horizontalité du projet est un effet désiré dès le départ, en référence à l'utilisateur qui est l'enfant, il a été cité en psychologie que le traitement horizontal est plus préconisé chez l'enfant car il met en valeur la dimension de l'échelle, un traitement en verticale pourrait causer chez l'enfant une perte de la notion d'échelle.

b) *Façade principale*

L'accès principal au centre du projet a été marqué par une casquette qui est générée de l'élément horizontale qui enveloppe le projet.

L'utilisation de moucharabiehs dans la façade principale pour protéger les espaces orientés sud, la forme de ces moucharabiehs est inspirée de la forme de synapses « connexion entre les différents neurones.



Accès principal

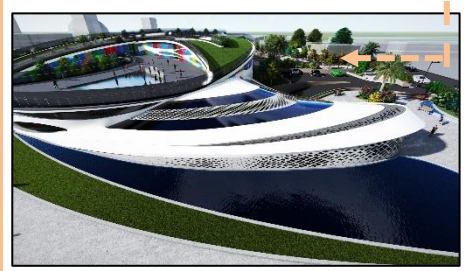
Un élément fluide et dynamique qui lie les différents volumes du projet, ce geste fait rappel à l'idée d'inspiration du projet lorsque deux neurones se lient, un produit entre ces deux neurones se génère.



Utilisation de vitrage coloré pour créer des ambiances lumineuses différentes dans les couloirs et faire rappel de la vocation du projet de l'école.

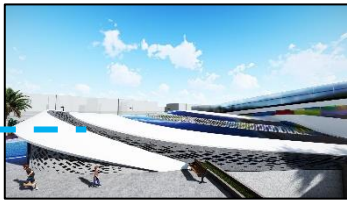


Les ouvertures de salle multifonctionnelle et la salle de restaurant sont au niveau du toiture pour bénéficier de l'éclairage naturel, et des ouvertures latérales pour rafraichir l'air par les plans d'eau avant qu'il pénètre à l'intérieur de la salle.

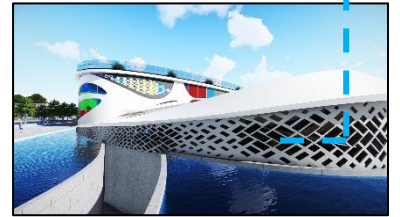


c) *Façade postérieure*

Un traitement horizontal pour que l'enfant se sent dans un environnement qui lui plait.
C'est la continuité de l'élément de la façade



Ouverture de différentes dimensions pour l'aération de la salle multifonctionnelle



Garde-corps autour les terrasses pour protéger les usagers



d) *Façade est*

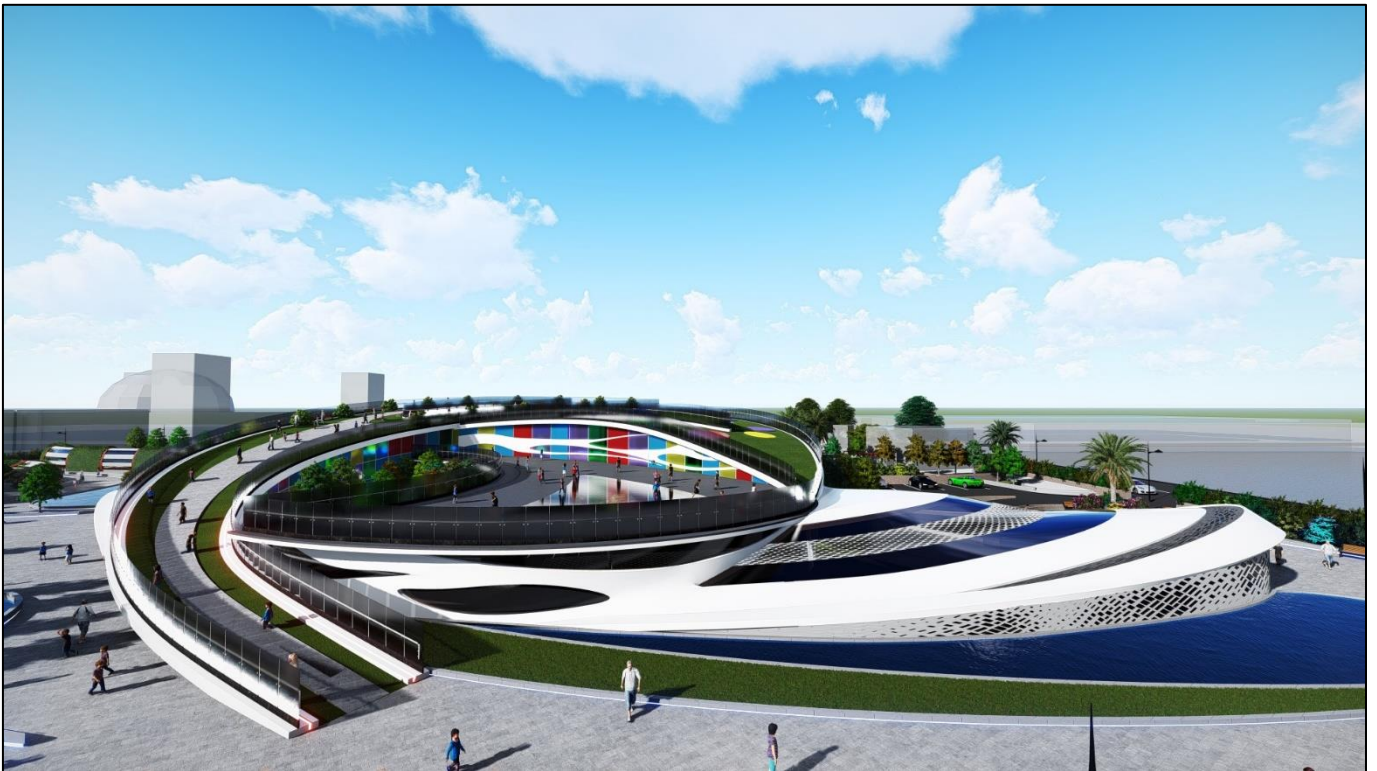


Figure 128: Façade est

Source : auteur

e) *Façade ouest*

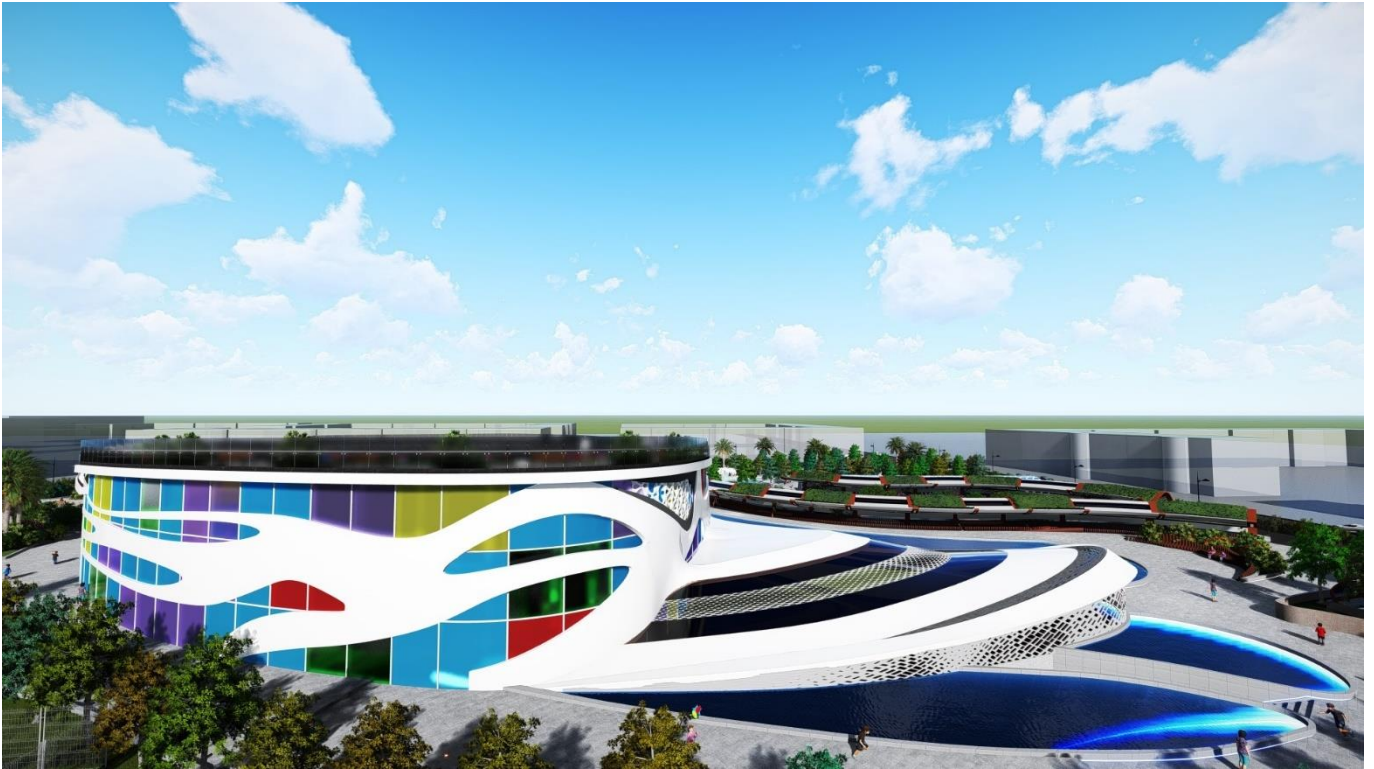


Figure 129: Façade ouest

Source : auteur

V.2.3 **Aspects Environnementaux Traités au Niveau des plans intérieurs :**

Les aspects Environnementaux qu'il sont appliqué au niveau des plans au but d'assurer le confort (thermique, visuelle,..) et favoriser les économies d'énergie tout en réduisant les besoins énergétiques.

a) *L'atrium et les patios :*

La création des atriums au principe d'assurer la ventilation naturelle (ventilation Transversale, ventilation par le tirage thermique) et l'éclairage naturelle au différent espace.

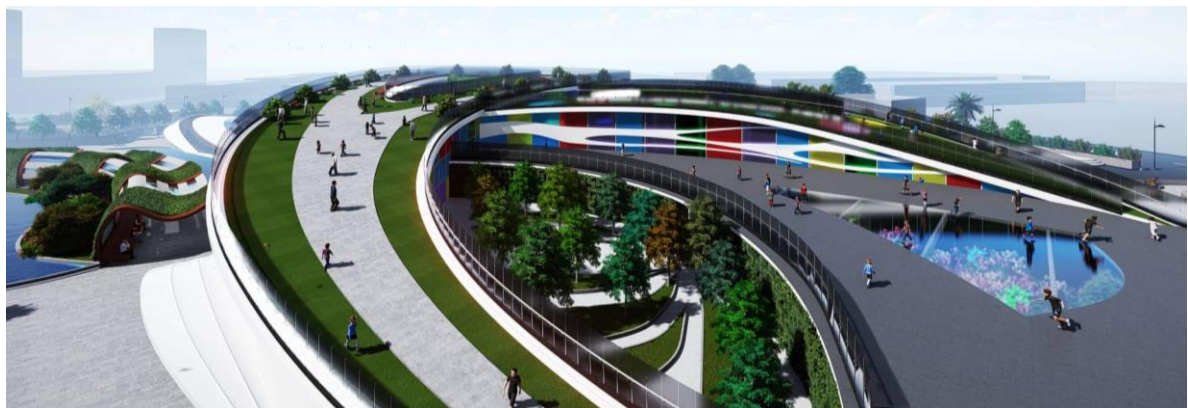


Figure 130: disposition des patios et atrium source

Source : auteur

b) Production d'énergie :

La production l'électricité par des panneaux photovoltaïques intégrant au toiture et utilisation les panneaux thermiques pour l'usage des eaux sanitaires et technique biogaz

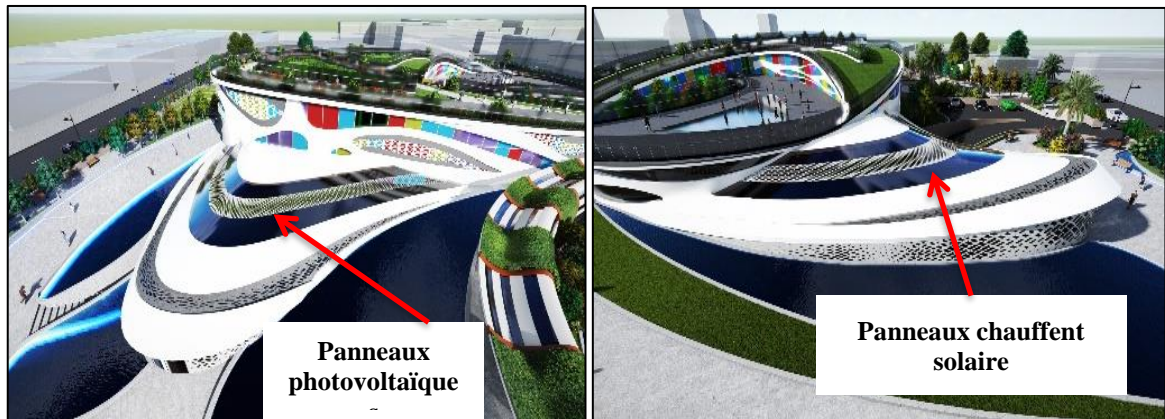


Figure 131 : disposition des panneaux

Source : auteur

c) Les terrasses végétalisées :

- Amélioration de la qualité de l'air.
- Création un microclimat.



Figure 132 : terrasse jardin

Source : l'auteur

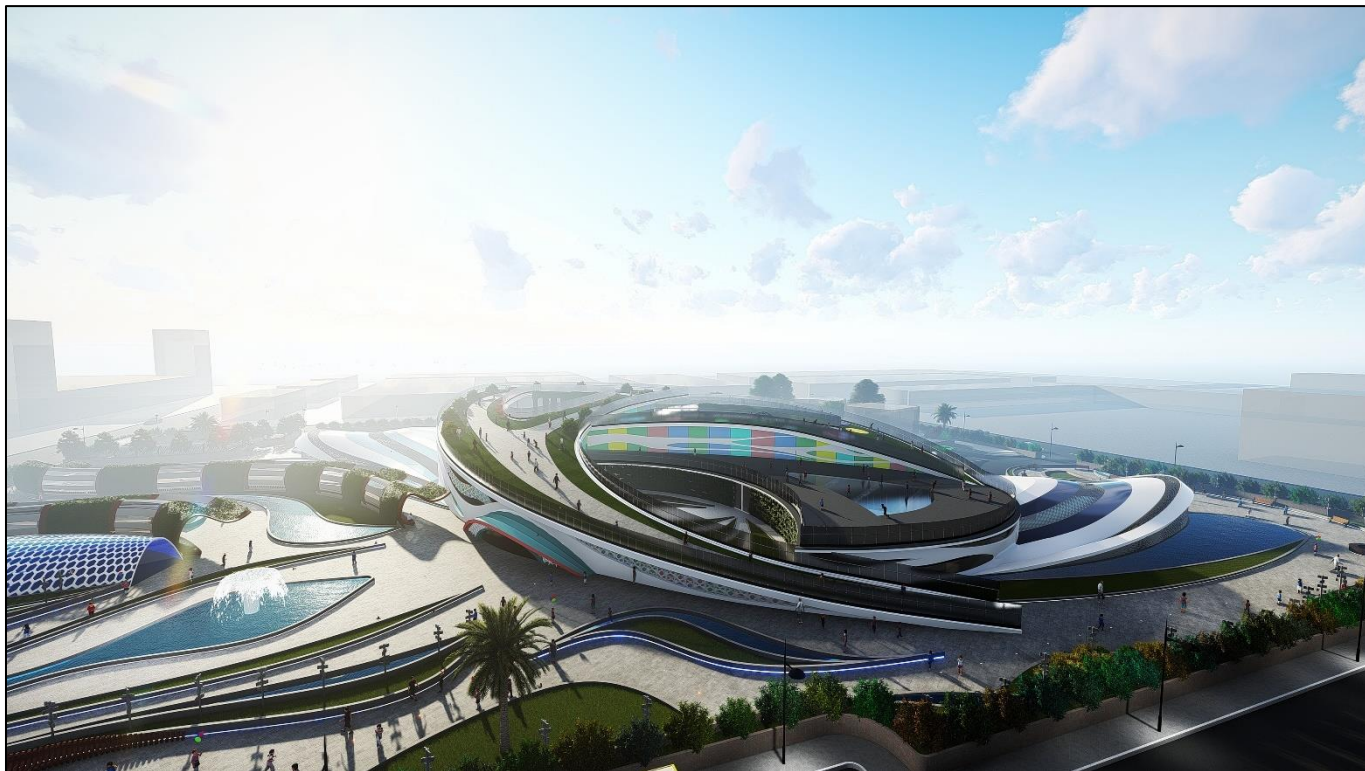


Figure 133: Vue globale sur le projet

Source : auteur



Figure 134: Protection végétale contre les rayons de soleil

Source : auteur

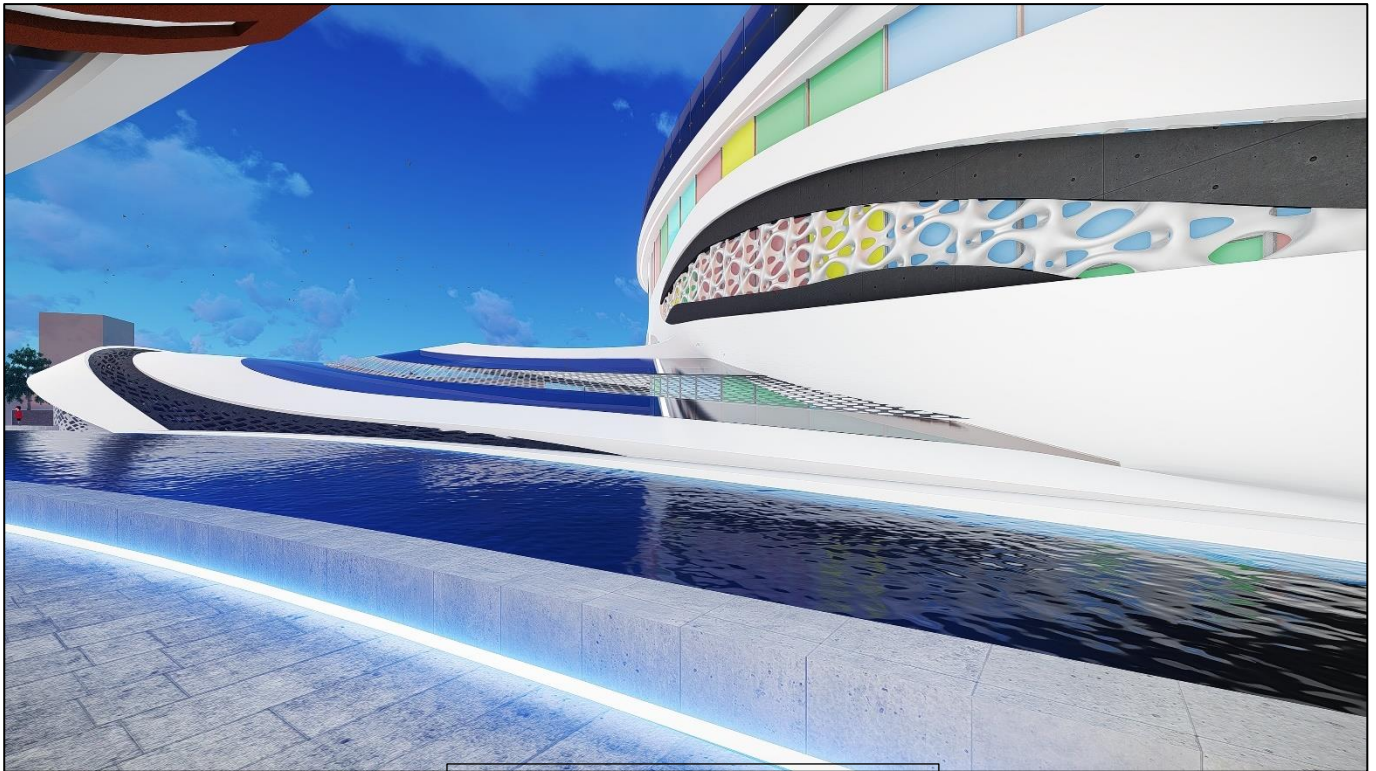


Figure 135: Vue sur la salle multifonctionnelle

Source : auteur

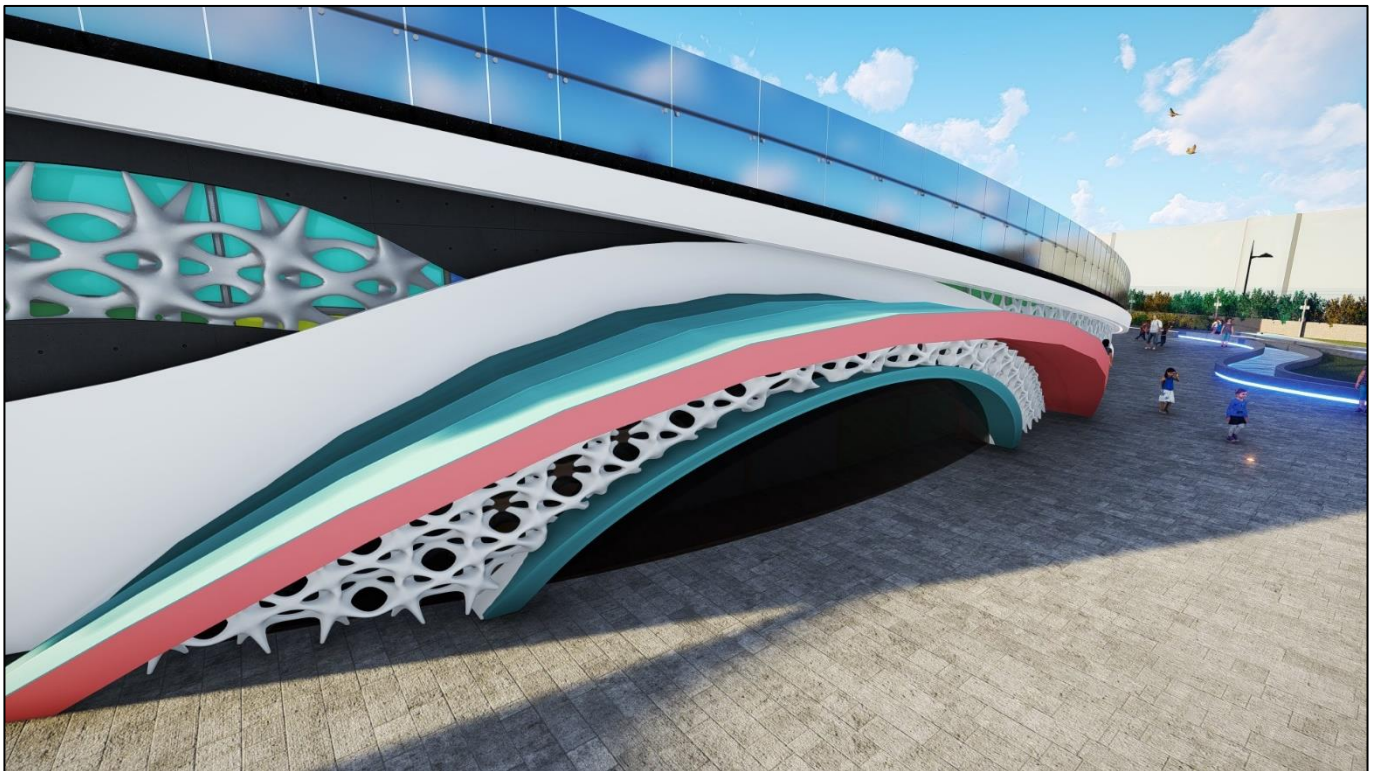


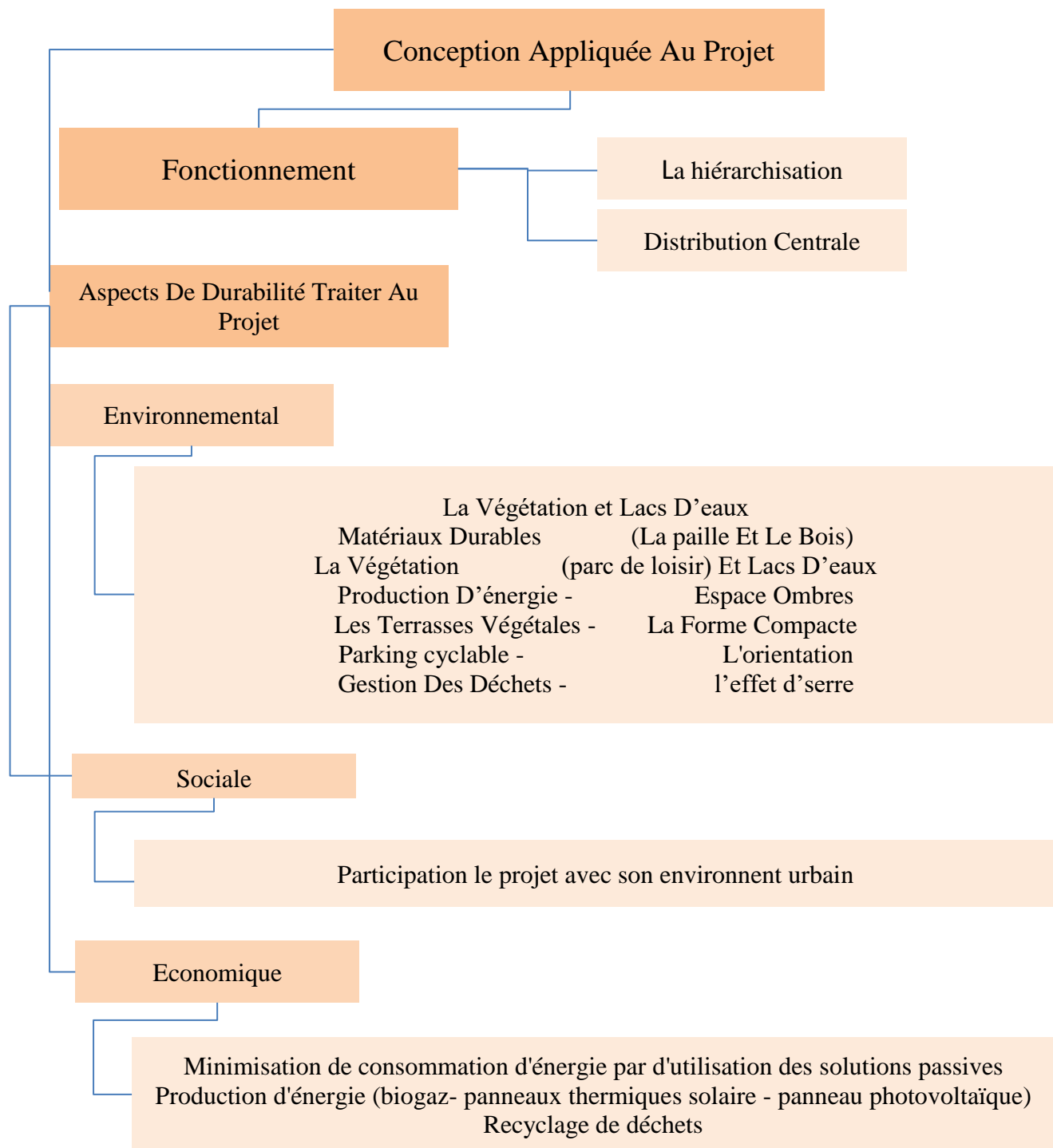
Figure 136: vue sur l'accès principal

Source : auteur

V.3 Synthèse :

La matérialisation de l'idée du projet a été effectuée d'une manière de satisfaire les différents besoins (le fonctionnement, le climat), cela a fait naître un projet moderne et attractif à la fois répond aux différents besoins cités ci- dessous.

Nous pouvons résumer ce que nous avons appliqué dans notre projet dans ce qui suit :



Cette étude ne sera pas accomplie que par l'ajout de l'étude technique, qui mène les différents concepts du projet de l'imaginaire à la réalisation et l'exécution.

V.4 Volet 02 : technique

V.4.1 Introduction :

Dans une réflexion architecturale, l'architecte passe toujours par deux étapes :

- La première est celle de la conception des espaces et la création des volumes,
- La deuxième est celle du choix des techniques de réalisation.

Ce volet représente les différents systèmes structuraux utilisés dans le projet, les différents modes de construction et les matériaux adoptés pour sa formulation, ainsi que les différents systèmes actifs et passifs qui vont à minimiser les consommations énergétiques et assurer le confort aux utilisateurs.

V.4.2 Système constructif :

Le choix du système constructif pour le projet est une phase très importante de fait que la structure doit préserver la conception des espaces faite par nous les concepteurs.

Elle doit permettre de refléter les fonctions, la transparence et la fluidité du volume, la rigidité et ainsi répondre à nos attentes en termes de confort ou de performance énergétique.

« L'espace est le champ des fonctions humaines, l'homme occupe physiquement l'espace il communique dans l'espace il se structure dans l'espace ce pendant l'aspect le plus important réside dans le fait que l'espace a sa propre signification métaphysique en créant une forme qui exprime une fonction physique mais en lui donne également une expression symbolique dans une ville à l'urbanisme anarchique ». ⁵⁸

a) L'infrastructure :

L'infrastructure représente l'ensemble des fondations et des éléments en dessous du R.D.C, elle constitue un ensemble capable de :

- Transmettre au sol la totalité des efforts.
- Assurer l'encastrement de la structure dans le terrain.
- Limiter les tassements différentiels.

- **Les fondations :**

Pour ce qui est des fondations on ne peut pas statuer sur le choix, car il relève d'une étude précise sur la résistance du sol, du type d'ouvrage et d'un résultat des calculs des descentes des charges. Néanmoins, sachant que notre sol est de bonne portance, ce sera donc des semelles isolées seront les plus appropriées sauf en cas de pour le mur de soutènement où des semelles filantes seront nécessaires

- **Mur de soutènement :**

Pour réaliser le sous-sol, un voile périphérique en béton armé est prévu pour reprendre les poussées des terres et celles des eaux. Il doit être séparé des poteaux du sous-sol par un joint de dilatation qui ne coupe pas la fondation ; de plus, un drainage périphérique sera préconisé.

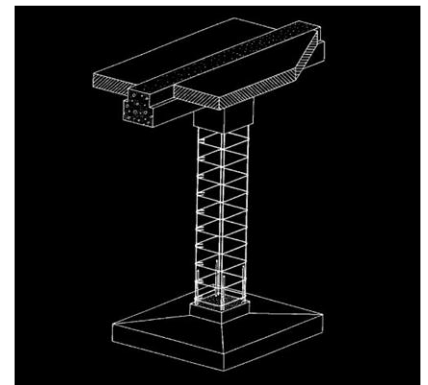


Figure 137 : Schéma d'un poteau avec semelle isolée

Source : www.arcomasee.fr

⁵⁸ L'espace et l'homme, Pierre Bourrier et Jaques Brozzetti , Ed Eyrolles année2007 P 413

f) La superstructure :

➤ **Poteaux :**

Les poteaux transmettent au sol les charges supportées par les différents étages, ils doivent résister à la fois aux charges verticales et horizontales.

Les dimensions des poteaux sont déterminées d'après la descente des charges.

• **Poteaux mixtes**

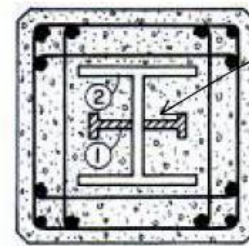
Utilise au niveau central de projet c'est un profil métalliques enrobés totalement de béton (non armé ou armé)

• **Poutres**

Dans le projet on utilise des poutres en béton armé la retombée des poutres varie selon les portés.

• **Poutres mixtes**

La plus utilisée dans le domaine de l'architecture et de l'ingénierie elle permet de franchir sans difficulté de grande portée tout en facilitant le passage des gaines techniques. La membrure supérieure de la poutre mixte est constituée de la dalle en béton liée par des connecteurs à la membrure métallique.



Connecteurs (ou goujons) de cisaillement soudés sur l'âme du profilé

Figure 138 : Formes de poteau mixte

Source : cours structure M1 .UATL

Dans des cas extrêmes, seule la dalle sert de membrure supérieure, la connexion n'étant réalisée qu'à l'endroit des nœuds.

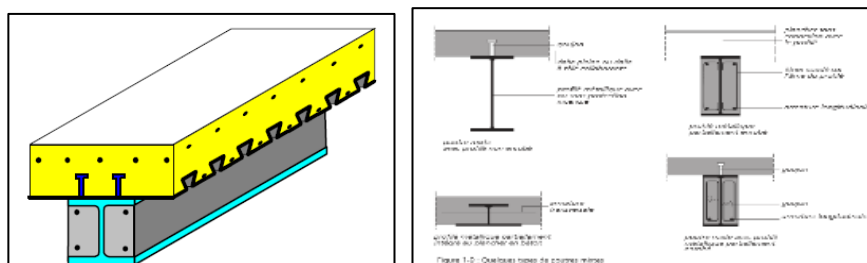


Figure 139 : Types de poutres mixtes

Source : cours structure M1. UATL

• **Planchers :**

Les type des dalles qui utilisé dans notre projet est :

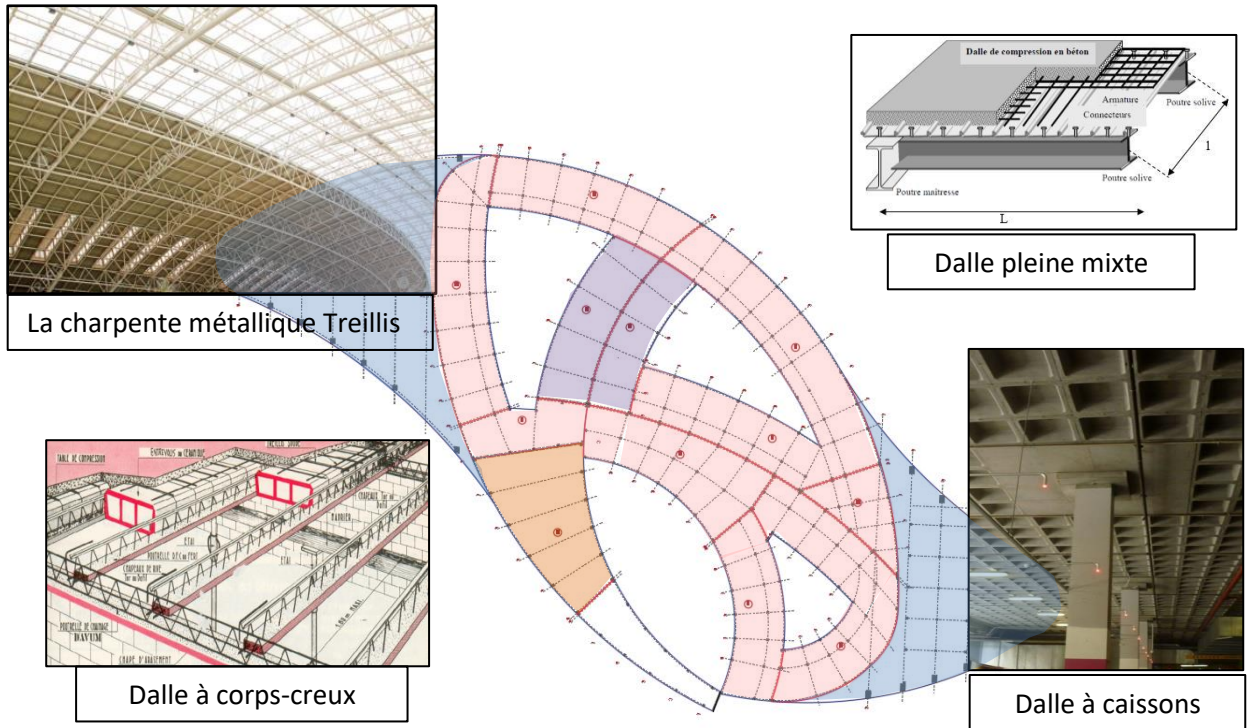
Dalle corps creux

Dalle pleine

Dalle à caissons

Dalle pleine nervurée dans les deux directions, ce qui donne la forme des caissons ; Aspect esthétique attirant en sous face Grande portée Plus rigide et plus résistante.

Dalle composée d'éléments préfabriqués en béton (prédalle sou hourdis) et de béton coulé sur chantier



• **Plancher mixtes :**

La pertinence des planchers mixtes réside dans la technologie visant à renforcer l'adhérence entre la tôle d'acier travaillée et le béton. Cette technologie porte également le nom de plancher collaborant du fait de la « collaboration » entre les deux matériaux façonnant le plancher visant à faire face aux tensions générées par les charges. L'adhérence mécanique des deux composants est obtenue à travers les crantages usinés sur les flancs inclinés du profil en acier galvanisé.

À elle seule, l'adhérence chimique n'est en effet pas suffisante pour garantir une liaison efficace faisant réellement travailler le plancher composite comme une structure mixte.

• **La charpente métallique Treillis :**

Les structures spatiales sont généralement conçues à l'aide d'une matrice de rigidité.

Sa caractéristique principale dans une structure architecturale, c'est d'être indépendante des angles.

Si les joints sont suffisamment rigides, les déviations angulaires peuvent être négligées, est utilisée pour la salle multifonctionnelle et le restaurant. Le choix de cette structure est dû à plusieurs critères, parmi

ces critères on peut citer : La conception architecturale, grandeurs des espaces et les grandes portées.



Figure 140 : Charpente métallique Treillis d'un stade ou chine

Source : wikimedia.com

- **Les joints :**

Afin d'assurer une régularité des masses et des rigidités, les joints sont disposés au niveau de l'ouvrage, ces derniers peuvent jouer le rôle des éléments résistants aux charges horizontales tel que les séismes et les vents.

- **Les joints de dilatations :** Ils sont prévus pour répondre aux dilatations dues aux variations de température.

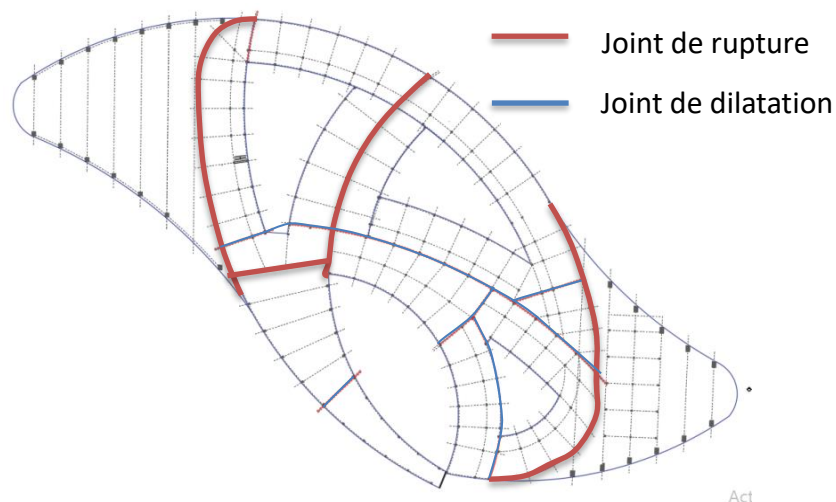


Figure 141 : Plan des axes et des joints

Source : Auteurs

Le couvre-joint : est un élément qui permet de cacher les jointures et de rendre l'ensemble plus esthétique. Son usage permet également d'augmenter la résistance et la tenue de l'ensemble d'un ouvrage.

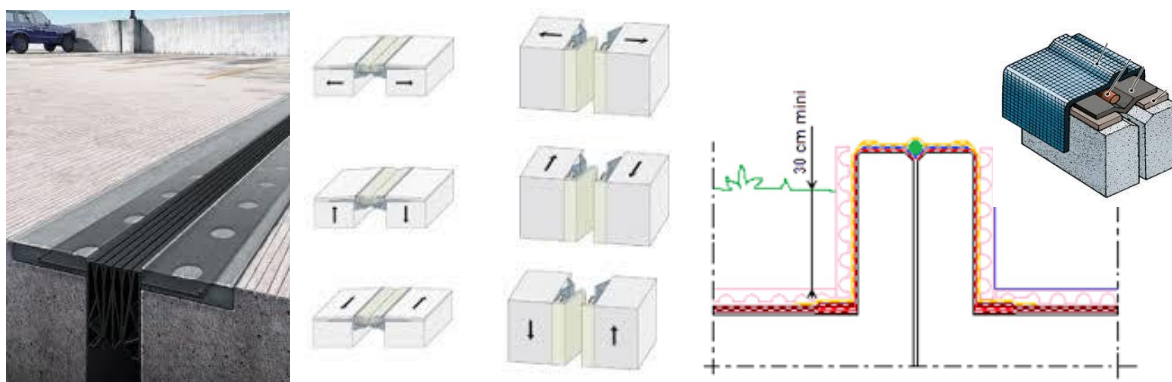


Figure 142 : La forme du joint de dilatation et couvre joint
Source : PDF profilés pour joints dilatation et mouvement.

• Escaliers :

Les escaliers sont protégés contre l'incendie par des murs coupe-feu et aussi des portes coupe-feu d'une heure, 7 Matériaux de construction (sols, murs et façades) :

g) Définition des matériaux :

Les matériaux de construction sont les matériaux utilisés dans les différents secteurs liés à la construction : bâtiments et travaux publics.

La gamme des matériaux utilisés dans la construction est très riche.

Elle inclut principalement le bois, le verre, l'acier, le béton, l'aluminium, les matières plastiques (isolants notamment) et les matériaux issus de la transformation de produits de carrières, qui peuvent être plus ou moins élaborés. On trouve ainsi les matériaux composites ou synthétique, les dérivés de l'argile, les briques, les tuiles, les carrelages, le marbres, les éléments sanitaires.⁵⁹

• Critères de choix des matériaux de construction :

Les matériaux utilisés dans la construction sont nombreux et variés, leur choix s'articule autour de 6 grands critères :

- Leur apparence. Leur solidité.
- Leur résistance. L'impact environnemental.
- L'isolation. Le cout économique.
- Recyclable. Hygiène et contrôle Des infections.

Panneau de paille compressée

La paille est un matériau écologique et économique utilisable dans le bâtiment aussi bien en ballots pour monter un mur porteur qu'en panneaux de paille compressée pour des cloisons.

Il s'agit en effet d'un produit agricole économique et écologique

⁵⁹ www.techno-science.net, consulté le 03 octobre 2016

- **Domaines D'utilisation :**

Le panneau de paille compressée peut s'utiliser en construction neuve comme en réhabilitation pour des doublages en toiture et au plafond, des cloisons intérieures avec ou sans ossature et des doublages intérieurs de parois extérieures de brique, bardages bios ou autres matériaux

- **Propriétés :**

Isolant phonique et thermique,
Résistant au feu
Energie grise faible
Rigide, solide, durable,
Stabilité dimensionnelle



100% naturel
Entièrement recyclable,
altière première d'origine locale,
Résiste aux attaques dévermines et xylophages.

- **Les murs extérieurs :**

On base sur trois savoir-faire uniques :

Gestion des apports thermiques par l'Isolation Dynamique : C'est au niveau des ouvertures que se situent les principaux échanges entre l'intérieur et l'extérieur. Une façade équipée de protections solaires permet de maîtriser ces échanges de façon précise pour une gestion optimale des apports thermiques. En fonction du climat et de la météo, les protections solaires montent ou descendent automatiquement pour préserver la fraîcheur intérieure ou, au contraire, pour bénéficier des apports caloriques gratuits du soleil.

- **Murs intérieurs :**

Il s'agit d'obtenir des surfaces de cloisonnement rigoureusement planes et sans saillies, comportant le moins de joints possible, permettant un nettoyage aisé pour éviter l'accumulation de poussière susceptible de propager des bactéries, ce qui nous a emmené à choisir : CLOISONS DE DISTRIBUTIONS – TYPE 72/48 :

Les cloisons Knauf Métal sont constituées par assemblage d'une ou plusieurs plaques de parement en plâtre de la gamme Knauf, vissées sur une ossature métallique Knauf.

Cette ossature se compose de rails, hauts et bas, et d'un réseau de montants verticaux, simples ou doubles suivant la hauteur désirée.

Les montants sont communs aux deux faces de la cloison KM. L'épaisseur, le nombre de parements, les caractéristiques de l'ossature et l'adjonction éventuelle d'un matelas de fibre minérale conduisent à une très large gamme de performances en matière d'isolation thermique, acoustique, et de résistance au feu.

- **Mur rideaux :**

Le mur-rideau est un mur de façade légère non porteur qui se caractérise par :

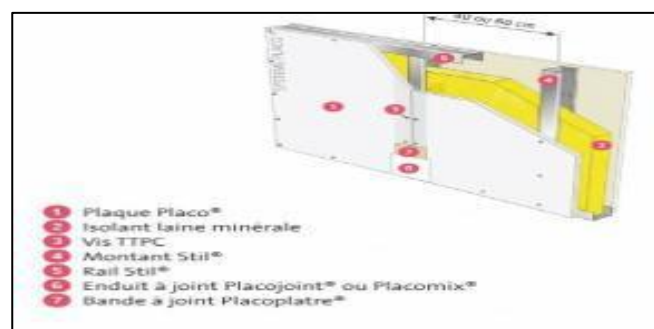


Figure 143 : Cloison Knauf Métal

Il est fixé sur la face externe de l'ossature porteuse du bâtiment

Son poids propre et la pression du vent est transmis à l'ossature par l'intermédiaire d'attaches

Il est formé d'éléments raccordés entre eux par des joints.

Dans notre projet on a utilisé le verre autonettoyant qu'est un verre qui de part un revêtement microscopique spécial, a la capacité de dégrader les salissures organiques et donc rester propres plus longtemps qu'un verre normal par effet de photo catalyse.

- **Mur végétaux :**

Sont de hautes performances, démontables et résistantes au feu. Ces cloisons sont montées sur une ossature en aluminium, et ils sont traités en glace de 6 ou 8 mm avec des stores à l'intérieur.

On a les utilisés dans les espaces qui ne peut pas bénéficier de l'éclairage naturel qu'un de l'atrium (bureaux d'administration).

Mur végétale intérieur :

Outre l'aspect esthétique, un mur végétal intérieur apporte de l'humidité à l'air ambiant. Il est aussi présenté comme un moyen d'assainir l'air du bâtiment.

Il assure aussi :

Isolation phonique :

Le mur végétal intérieur est un excellent isolant phonique, atténuant les bruits extérieurs mais aussi les échos.

Effet thermique du mur végétal intérieur : Les plantes dégagent de la vapeur d'eau, rafraîchissant ainsi l'atmosphère intérieure, ce qui est agréable en période de chaleur

- **GRC :**

Le composite ciment verre (CCV), dénomination française de Glass Fiber Reinforced Concrete (GFRC), est un béton renforcé de fibres riche en ciment (rapport sable/ciment = 1), dans lequel des fibres de verre (diamètre des filaments de 10 à 30 μm) sont incorporées lors du malaxage (technique du prémix) ou de la mise en œuvre selon une technologie directement issue des composites verre : la projection simultanée et projection prémix.

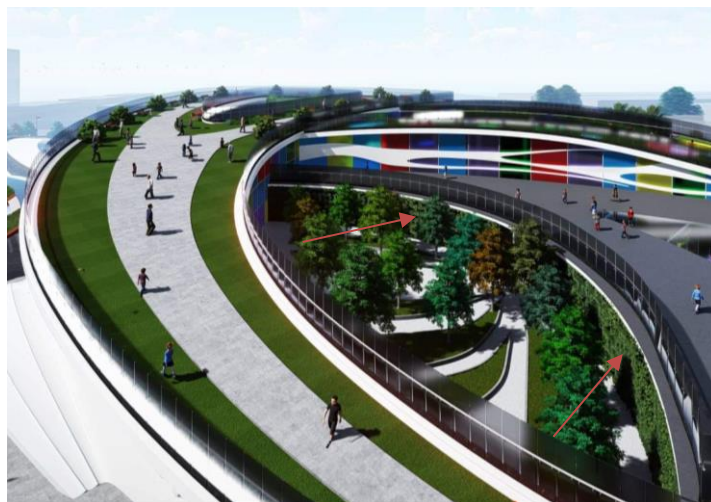


Figure 144: vue sur le mur végétalise

Source : l'auteur

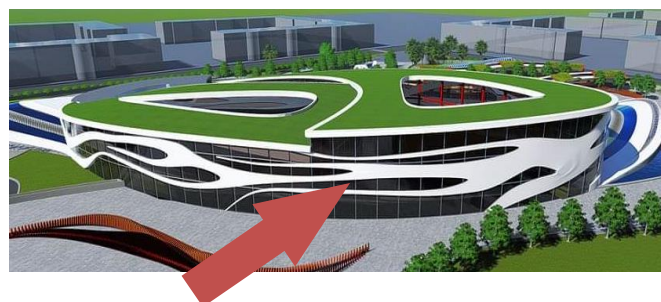


Figure 145: l'utilisation de l GRC dans le projet

Source l'auteur

Le micro béton apporte au CCV ses qualités intrinsèques (mouillabilité, diversité des parements, etc.). Quant à la fibre de verre, elle lui confère un comportement mécanique pseudo-ductile qui autorise la création de produits minces donc légers :

35 kg·m⁻² en 20 mm d'épaisseur

h) Les faux plafonds :

Des faux plafonds insonorisant, démontables, conçus en plaques de plâtre de 10mm d'épaisseur accrochés au plancher, avec un système de fixation sur rails métalliques réglables.

Les faux plafonds sont prévus pour permettre :

Le passage des gaines et des différents câbles.

La fixation des lampes d'éclairages, des détecteurs d'incendie et de fumée, des détecteurs de mouvements, des émetteurs et des caméras de surveillance.

i) Revêtement de sol :

La résine d'exposée L'ensemble des couloirs et les espaces de jeu intérieur sera équipé des revêtements de sols antidérapants et plans, résistant aux choqe.

j) Les façades à double peau : ⁶⁰

Elles sont classées selon trois critères :

Le type de ventilation : naturelle, mécanique ou hybride.

Le mode ventilation : il s'agit des différentes manières de circulation de l'air entre l'extérieur et l'intérieur.

Le type de compartimentage : l'espace peut être divisé par étage et peut comprendre des conduits verticaux reliant les étages pour améliorer le tirage thermique ou être sans compartimentage. Dans le dernier cas, le tirage thermique se fait dans la totalité de l'espace.

La façade double-peau possède en outre de nombreux avantages :

- Diminution des déperditions thermiques.
- Protection contre les contraintes météorologiques (froid, vent).
- Stockage de la chaleur par effet de serre à l'intérieur de la double peau.
- Évite les surchauffes d'été en limitant l'action du rayonnement direct du soleil.
- Supprime l'effet de paroi froide en hiver.
- Isolation phonique.
- Préchauffage des amenées d'air.

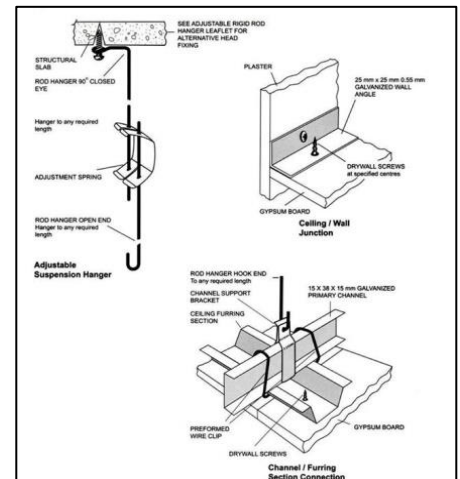


Figure 146 : Détails d'un faux plafond en B13

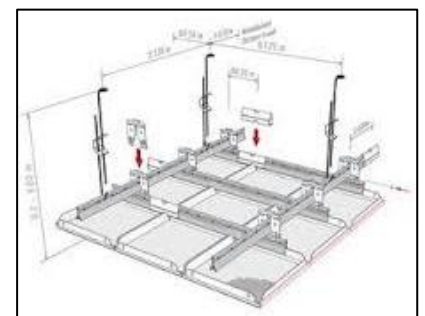


Figure 147 : Détails d'un faux plafond démontable

- Utilisation de l'éclairage naturel.

- **Mode de fonctionnement :**

Le mode de ventilation de la Façade bioclimatique s'adapte aux conditions climatiques :

- **HIVER :**

La double peau étant fermée, nous utilisons le rayonnement solaire afin de réchauffer l'air intérieur de la double peau et d'emmagasiner un maximum de chaleur solaire. Une fonction automatique permet de limiter la température excessive dans la double peau, par l'introduction momentanée de l'air extérieur, si nécessaire.

Nous pouvons utiliser les ouvrants de façade du bâtiment afin de laisser pénétrer l'air chaud de la double peau et donc de limiter l'utilisation du chauffage, en y associant une gestion de Ventilation Naturelle Intelligente, par l'intermédiaire d'un AéroPack, en période d'occupation des locaux.

- **ÉTÉ :**

La prévention de la surchauffe de l'air intérieur en ventilant naturellement l'air contenu dans la double peau permet à l'air chaud de la double peau d'être maintenu hors du bâtiment

Nous pouvons utiliser les ouvrants de façade du bâtiment afin de laisser pénétrer l'air frais de la double peau et donc de limiter l'utilisation de la climatisation, en y associant une gestion de Ventilation Naturelle Intelligente, par l'intermédiaire d'un AéroPack, en période d'occupation des locaux.

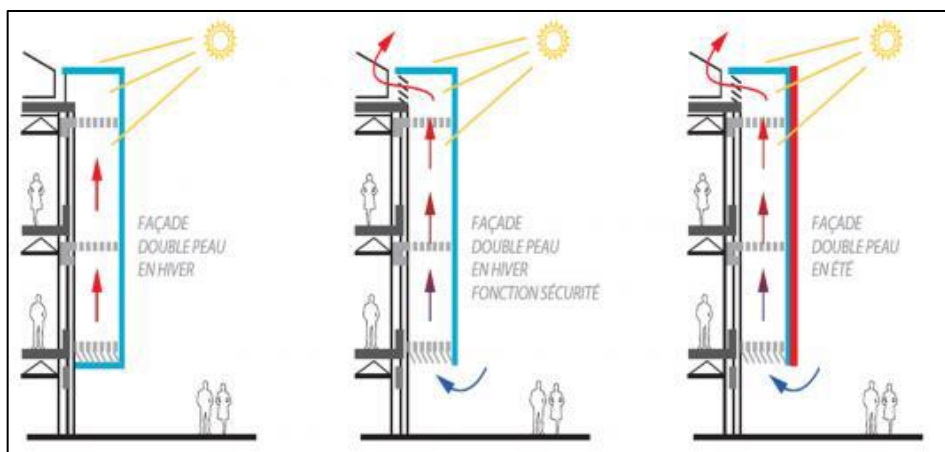


Figure 148 : Les modes de fonctionnement de la façade double peau
Source : souchier-boulet.com/Facade-bioClimatique-Intelligente.html

V.4.3 Confort thermique

a) *Forme du projet :*

Forme compacte

k) *Végétation et point d'eau :*

Le patio est un espace tampon dont la température est à l'équilibre entre la température extérieure et celle du bâtiment. Pour notre projet la ventilation se fait au sein des divisions ou on a prévu des ouvertures sur les parois verticales et sur le patio.

Pour créer un micro climat dans l'extérieur et l'Intérieur



Figure 149: vue 3d sur le projet

Source : l'auteur

l) *Ventilation :*

Dans la salle multifonctionnelle et le restaurant il est recommandé de filtrer l'air neuf afin de limiter la contamination de l'air présent dans les pièces.

Les principaux systèmes de ventilation :

Système de ventilation modulaire

Système de régulation de l'air

m) *L'utilisation de la serre :*

L'utilisation de l'effet serre : L'effet de serre est utilisé dans le côté sud.

En hiver : les couloirs sont chauffés par la chaleur cumulée au niveau des serres.

En été : les couloirs sont aérés, ventilée, et occultées par les traitements dynamiques.

n) *Chauffages et climatisation :*

Laghouat est caractérisé par son froid et aride alors le confort thermique en hiver est un élément essentiel on essaye d'assurer par des systèmes passifs et même actifs mais basse consommation énergétique sans oublier de prendre en considération la climatisation qui est nécessaire en été pour une bonne qualité d'air et pour améliorer le confort thermique en été, et pour assurer le chauffage en hiver on a choisi le chauffage central ainsi la climatisation centrale pour le confort d'été.



Figure 150 : Chauffage au sol

Source : www.chauffagistes-belgique.be

Chauffage :

L'objectif du chauffage est d'améliorer le confort thermique en hiver. Et Puisque les usagers permanents de notre projet sont les élèves et les chercheurs nous avons choisis la serpente comme un outil de chauffage.

Afin de garantir une température agréable dans notre projet, il est important d'avoir un système de chauffage performant, surtout en hiver.

Le premier élément qui vient en tête est dès lors la chaudière, qui produit la chaleur mais ne la diffuse pas. Si le plus répandu est le radiateur, il en existe une multitude d'autres. Nous utilisons au niveau du projet le plancher chauffant, également connu sous le nom de « chauffage par le sol ».

- **Sol chauffant à eau :**

Dans le cas du plancher chauffant à eau, un réseau de tuyaux fait circuler l'eau chaude sous notre revêtement de sol, afin que celle-ci diffuse sa chaleur. Ce système est généralement installé **dans la Chappe** qui supporte le plancher,

Afin de chauffer l'eau circulant dans les tubes, il est possible d'utiliser diverses sources d'énergie : la chaudière (au biogaz et panneaux solaires).

• **La climatisation :**

La climatisation est un mode de confort thermique adapté lorsque la température extérieure est élevée. La climatisation apporte le confort thermique d'été

o) Toitures végétalisées :

Une toiture végétalisée est un espace vert créé en installant plusieurs couches de substrat de croissance et des plantes sur une couverture traditionnelle. Le système comporte, de haut en bas,

Les couches suivantes :

- **Les plantes**, choisit en fonction de certaines applications.
- **Un substrat de croissance fabriqué**, parfois sans terre.
- **Un tissu ou support filtrant** pour contenir les racines et le substrat tout en laissant pénétrer l'eau
- **Une couche de drainage spécialisée**, qui comprend parfois des réservoirs d'eau intégrés
- **Une membrane imperméable** de couverture comportant un agent anti-racines
- **La structure** du toit est un matériau isolant au-dessus ou au-dessous de celle-ci.

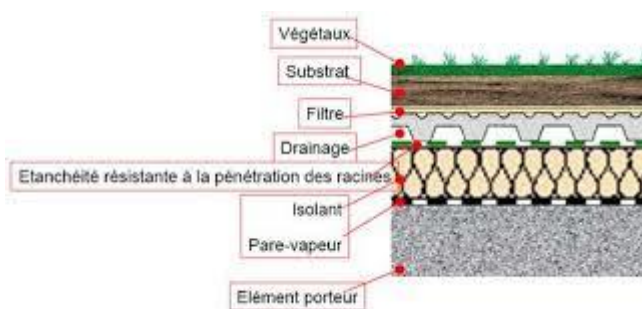


Figure 151 : Les composantes d'une terrasse végétalisée
Source : pinterest.com

Pour notre projet on a choisi deux types de toiture végétalisée :

Toiture végétalisée accessible réservé pour l'exposition des plantes locales Utilisation de gazon synthétique

Toiture végétalisée non accessible pour assurer un confort thermique à l'intérieur hybride qui est une combinaison entre le gazon artificiel et naturel. On a choisi le gazon hybride pour ne pas influencer par les changements climatiques.



Figure 152: toiture végétalisée

Source l'auteur

p) Fenêtre double vitrage en PVC :

Il est composé de deux vitres, séparée par du vide ou du gaz, qui servent à isoler. Vous disposerez d'une meilleure isolation thermique qu'un vitrage simple.

q) Protection solaire :

-Par des arbres : Utilisation des arbres à feuilles caduque pour la protection contre le soleil pendant l'été.

- Utilisation de protections verticales au niveau de la façade ouest.
- Utilisation des protections horizontales au niveau de la façade sud.

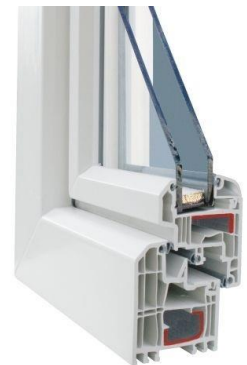


Figure 153 : Coupe d'une fenêtre double vitrage

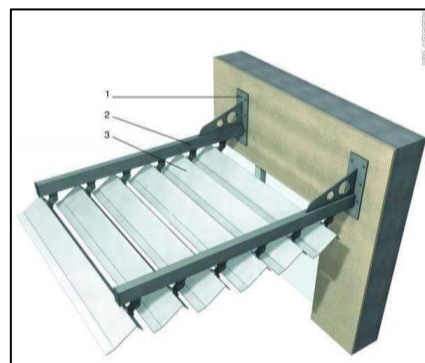
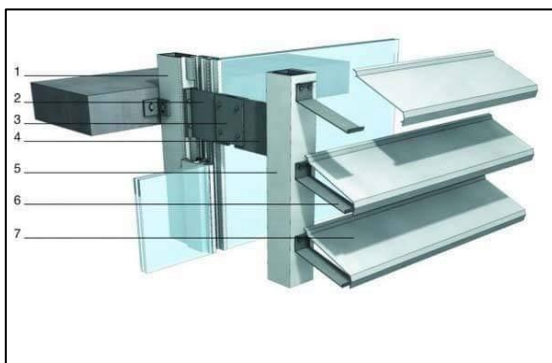


Figure 154 : Protection solaire détails

Source : archiexpo.fr

V.4.4 Confort visuel :

Notre projet est développé sur un arc de cercle, ce que les offre une bonne répartition des rayons solaires. On a essayé le maximum d'utiliser l'éclairage naturel, parce qu'il souvent meilleure que celle de la lumière artificielle, ainsi que le rendu des couleurs qui a une influence positive pour la détection des défauts, l'amélioration de la qualité et de la sécurité.

r) Eclairage naturel

Atrium :

Afin de maximiser l'utilisation de la lumière du jour et, on a choisi un atrium central pour le tous de projet bénéficier de l'éclairage naturel.

Le vitrage qui on a utilisé pour l'atrium c'est le vitrage photovoltaïque. Ce type n'as pas un impact pour les espèces végétales à l'intérieur car il empêche l'arrivée des rayons ultraviolet nocifs.



Figure 155: l'éclairage a partire l'atrium dans le projet

Source : l'auteur

Eclairage zénithal :

C'est l'éclairage naturel à travers des ouvertures intégrés dans les toitures. On a l'utilisé dans les espaces qui ne peut pas bénéficier de l'éclairage naturelle latéralement (les espaces de circulation)

a) Eclairage artificiel à basse consommation d'énergie :

Il faut d'assurer un fort niveau d'éclairément dans les classes parce que son usager aura besoin une meilleure visibilité d'après la nature de son travail recommande d'examiner et d'analyser des échantillons

Donc On base sur trois critères :

Durabilité.

Ambiance et confort.

Bien-être et performances

Et doit suivre la norme EN 12464-1 sur l'éclairage des lieux de travail, qui suggère un éclairément moyen de 500lux au minimum.⁶¹

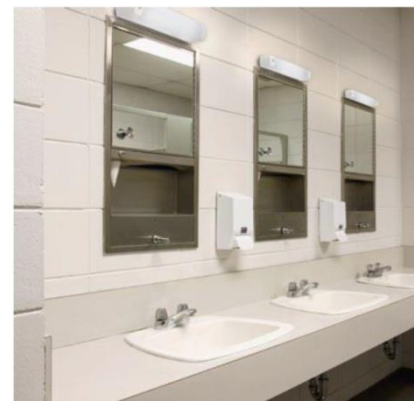


Figure 156 : L'applique traditionnelle en version LED

Source : archiexpo.fr

Evocation LED

Evocation est un panneau LED facile à poser qui procure un grand confort visuel grâce à la technologie Edge et une diffusion de lumière étudiée pour être intense et extrêmement homogène.

Dans sa version aluminium blanc, son cadre fin permet un design encore plus discret et facile à intégrer.

Idéal pour les espaces de travail des bâtiments tertiaires.

⁶¹ <https://www.light-my-boutique.com/fiche-conseil/357-écoles>

L'applique traditionnelle en version LED Sa version LED facile à positionné sous un meuble haut, plan de travail... procure économie d'énergie, sécurité (ne chauffe pas) et une lumière idéale pour vos salles de bains.



Figure 158 : H350

Source : archiexpo.fr

H350

Pour du neuf comme pour de la rénovation, ce hublot fonctionnel procure un éclairage efficace en toute simplicité. Cette solution est idéale pour l'éclairage des circulations et des escaliers.

Spots

Elle sera parfaite pour un éclairage de mise en valeur, de balisage et de signalisation. Grace à la version avec batterie intégrée, le spot de balisage a une autonomie de 3 heures en veille.

Son indice de protection IP66 (avec boîtier d'encastrement) permet une installation de ce spot LED à l'extérieur.



Figure 157 : Spots

Source : archiexpo.fr

Encastre muraux et de sol

Cette gamme offre de nombreuses possibilités d'applications : balisage des voies piétonnes et roulantes, éclairage d'accentuation des façades ou des jardins et éclairage décoratif.



Figure 159 : Encastres muraux et de sol

Source : archiexpo.fr

Les rehausser jardins en



Figure 160 : ILO – Projecteurs

Source : archiexpo.fr

Projecteurs

projecteurs ILO permettent de la beauté des façades et des toute simplicité.

Confort acoustique :

Isolation acoustique :

Afin d'obtenir une meilleure qualité acoustique, les salles sont conçues de manière à réfléchir les ondes sonores à une puissance suffisamment élevée, toute en restituant un son naturel, dépourvu de réverbération excessive, d'échos. Pour cela, on prévoit : Pour les murs de l'amphithéâtre, un revêtement en moquette absorbante et un isolant acoustique.

V.5.1 Plafond rock fon acoustique :

Pour les salles de réunions, salle de cours, l'amphithéâtre, et la bibliothèque. Ils seront également adoptés pour les niveaux des bureaux pour procurer suffisamment de confort acoustique dans ces lieux de travail.



Figure 161 : isolation acoustique et thermique d'un maison avec la palle

source : www.FBTI.com

Ces plafonds sont constitués de : plaques de plâtre perforées, raidisseurs longitudinaux, fibres minérales de 20 mm et film d'aluminium.



Figure 162 : Panneaux pour plafonds suspendus pour les écoles. /
 Source : www.knauf.com

V.6 Gestion d'énergie :

V.6.1 Panneaux photovoltaïques :

- Des panneaux photovoltaïques flexibles :

Les panneaux solaires souples sont des panneaux de type photovoltaïque, qui produisent de l'électricité à partir du rayonnement solaire. Ils sont la plupart du temps constitués de cellules monocristallines, proches de celles utilisées dans les panneaux solaires rigides pour toiture.

Les panneaux souples ont cependant la particularité d'être des petits panneaux de faible puissance (entre 20W et 200W pour la plupart des modèles).

Leur atout majeur est leur flexibilité. Ils peuvent se courber, plus ou moins selon les modèles de panneaux, ce qui permet diverses possibilités d'utilisation.

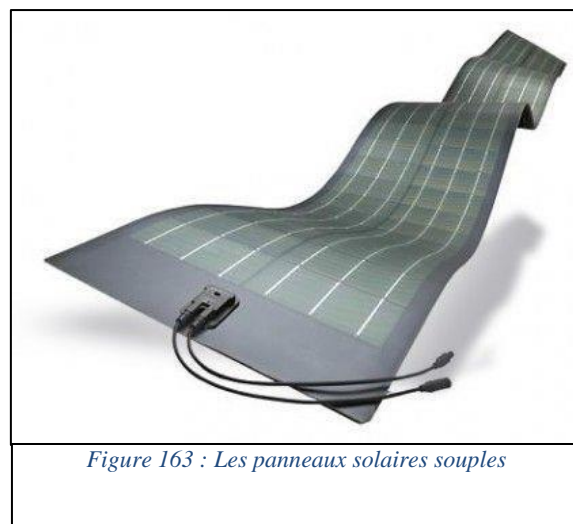


Figure 163 : Les panneaux solaires souples

V.6.2 . Biogaz

Le biogaz est un gaz combustible, mélange de méthane et de gaz carbonique, additionné de quelques autres composants. Le préfixe bio (vivant) indique sa provenance : les matières Organiques, qui libèrent le biogaz lors de leur décomposition selon un processus de fermentation. On l'appelle aussi gaz naturel "renouvelable", par opposition au gaz naturel d'origine fossile.

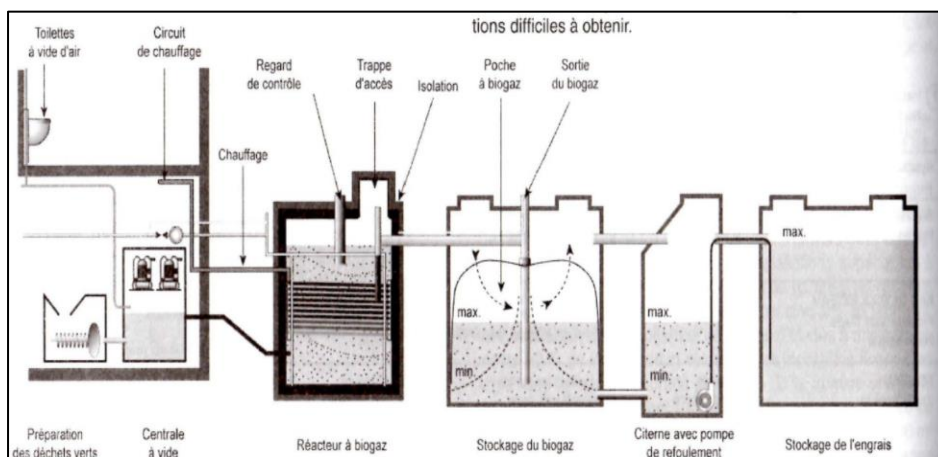


Figure 165 : Principe de traitement des eaux usées et valorisation en biogaz

Source : neufert 10 Edition fr.pdf

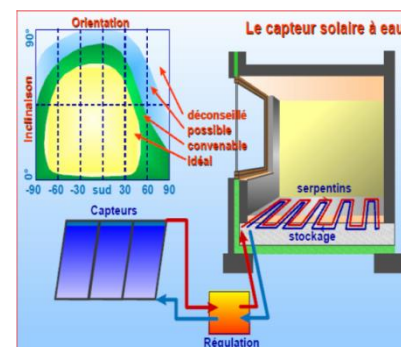


Figure 164: capteur solaire thermique

Source : traité d'architecture et d'urbanisme.

CARACTRISTIQUES :

Température et pression ambiante, le biogaz se présente sous forme gazeuse. Chimiquement, il se compose principalement de méthane (environ deux tiers de l'ensemble) et d'un tiers de gaz carbonique. D'autres substances sont aussi présentes sous forme de traces – eau, azote, soufre, oxygène, éléments organo-halogénés –, qui le rendent moins pur et plus corrosif que le gaz naturel fossile. Enfin, la composition du biogaz varie en fonction de la nature des déchets et des conditions de fermentation.

s) Les capteurs solaires thermiques :

Développés dans les années soixante-dix, les capteurs solaires thermiques ont connu depuis de nombreuses améliorations. Les capteurs transforment le rayonnement du Soleil en chaleur, transmise à un réservoir de stockage grâce à un fluide caloporteur.

Le fonctionnement été comme hiver est assuré même les jours de faible ensoleillement et le rayonnement lumineux suffit au préchauffage de l'eau chaude sanitaire. La solution solaire est intéressante quand les besoins sont réguliers et élevés (habitat, hôpitaux, hôtels).

Mais moins pertinente pour des bureaux ou des bâtiments Scolaires.⁶²

V.6.3 Gestion des déchets :

La gestion des déchets est assurée par les poubelles de tri sélectif, les locaux pour les déchets sont positionnés de sorte à être indépendants



Figure 166 : poubelles de tri sélectif de l'extérieur.

Source : www.sinoconcept.fr

⁶² Neufert 10° Edition-Fr.pdf

V.6.4 . Gestion d'eau :

t) Récupération de l'eau :

Cette technologie utilise l'eau de Toiture pour alimenter l'arrosage. Mais il est aussi possible d'alimenter les espaces humidifié, Le concept c'est de capter l'eau de pluie et de la stocker pour un usage ultérieur.



Figure 167 : d récupération des eaux pluviales
Source : www.aaz-maison.com

Permettra d'apporter la quantité d'eau dont ont besoin les végétaux tout en évitant les gaspillages. Cette technique est idéale au potager mais peut s'avérer assez couteuse à l'installation. On lui préférera donc souvent la technique du ruissèlement qui consiste à distribuer l'eau à un point fixe pour ensuite la répartir via un réseau de rigoles sur l'ensemble des cultures.

u) Robinetterie :

Commande sans contact par détecteur infrarouge le fonctionnement :

Dès que le détecteur infrarouge détecte une main, le flux d'eau est activé sans contact. Si la main quitte le champ de détection, le robinet se ferme automatiquement.

Points forts :

- Actionnement sans contact, y compris le réglage automatique de la distance par rapport au lavabo
- Désinfection thermique
- Economie en eau d'environ 62 %
- Alimentation pile ou réseau
- Simple remplacement de la pile.



Figure 168 : local de recuperation pour l'eau de pluie
Source : l'auteur

V.6.5 Sécurité :

Etablissement recevant du public (ERP) :

Electricité

- NF C15-100 : Installations électriques à basse tension.
- NF C14-100 : " Installations de branchement à basse tension
- Ascenseurs :
- NF EN 81/1 (P 82-210) (novembre 1998) : " Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs.

a) Protection des personnes :

On a prévu des issues de secours pour l'évacuation rapide des personnes en cas de catastrophes.



Figure 169 : robinets intelligent

Source : www.msm.com

v) *Contre la corrosion :*

Pour la protection de la structure métallique, une peinture tumescente appliquée sur la surface extérieure sera prévue en cas d'incendie et sous l'effet de la haute température cette peinture se gonflera et formera une couche isolante qui protégera la structure.

w) *Eclairage de sécurité :*

L'éclairage de sécurité a été prévu en cas de danger et en cas de panne, il permet :

- La signalisation des incendies, et sera installé selon les règlements locaux (les annonceurs).
- L'éclairage de signalisation des issues de secours.



Figure 170 : Eclairage de sécurité

Source : archiexpo.fr

x) *Système de sécurité :*

On prévoit un immeuble doté d'un service et d'une gestion informatisée.

Une surveillance peut être assurée par une installation automatique à l'aide de :

-) Caméras de surveillance :

Le bâtiment possède un système de télévision à circuit fermé.

Le système comporte des caméras en couleurs et des moniteurs. Les moniteurs sont placés au centre de sécurité au niveau administration dans le Rez-de-chaussée.



Figure 171 : Caméras de surveillance

Source : archiexpo.fr

- a) Protection contre incendie :

Le principe fondamental de la protection contre l'incendie est la sauvegarde des personnes et la prévention des biens. Le bâtiment doit être étudié et conçu de façon à offrir toute condition de sécurité, par l'utilisation des matériaux incombustibles et un bon positionnement des issues de secours.

- Extincteurs mobiles :

Ils constituent les moyens des premiers secours, et les plus efficaces, leur utilisation est prévue dans les dégagements ou à proximité des locaux présentant des risques particuliers d'incendies (la cuisine, le centre de climatisation et chauffage...).



Figure 172 : Extincteurs automatiques

Source : archiexpo.fr

- -Extincteurs automatiques :

Il s'agit du système de lutte contre incendie disposé au niveau des faux plafonds et destiné directement à diffuser un produit extincteur (eau) sur un foyer d'incendie, il est-il est alimenté par la bache à eau.

- Désenfumage :

On prévoit à chaque niveau des détecteurs de fumée et de chaleur, qui commandent le déclenchement automatique de la ventilation permettant ainsi l'extraction des gaz brûlés dans les circulations verticaux

cages d'escalier. On prévoit des bouches d'incendie par des colonnes sèches branchées directement à la bache à eau et au réseau à incendie.

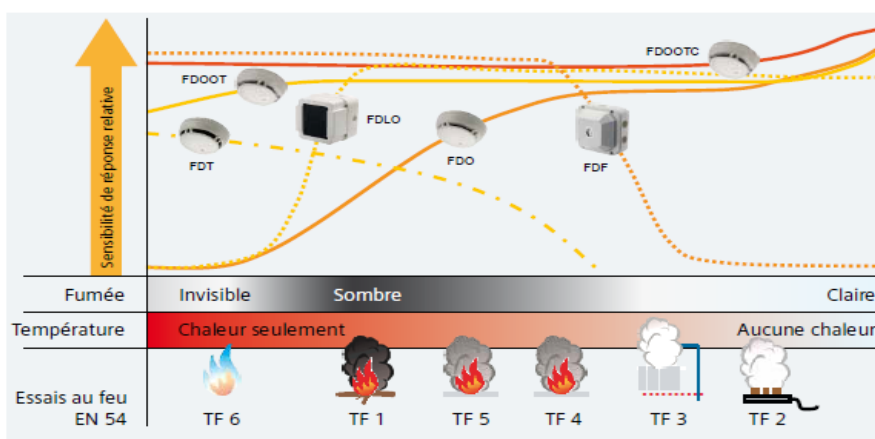


Figure 173 : Propriétés des détecteurs d'incendie en fonction du type de feu
Source : www.aaz-maison.com

V.6.6 Construction en paille :

Principe de construction, avantages et inconvénients :

La paille est l'un des matériaux qui respectent le plus l'environnement. La paille est naturelle, renouvelable, biodégradable et on peut en disposer localement. Elle est également peu chère par rapport à ses bonnes performances énergétiques et sa résistance. Pour toutes ces raisons, la paille peut être utilisée comme matériau principal pour construire un bâtiment écologique.



Figure 174: photo de la paille

Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF

Quel est le principe de sa construction ?

Quel est les caractéristiques de la paille ?

Quels sont les avantages et les inconvénients d'une construction en paille ?

y) Principe de construction :

Pour construire en paille, le choix du matériau est primordial. Les pailles de seigle, de blé ou de triticale (céréale obtenue par croisement entre le blé et le seigle) peuvent être utilisées.

La paille étant disponible seulement à la fin de l'été, il est nécessaire de trouver bien en amont du début du chantier de construction d'une maison en paille le producteur qui fournira les bottes de paille et de prévoir avec lui les besoins exacts. Les bottes de paille servent au remplissage des murs extérieurs, intérieurs, des toitures, des combles et des cloisons.

Il existe plusieurs techniques pour construire en paille.

La technique la plus utilisée pour construire en paille est celle de "l'ossature bois". Cette dernière est d'abord créée, avec le toit, pour donner de la solidité à la maison. Les bottes de paille rectangulaires, d'une profondeur de 36 à 46 cm, sont ensuite encastrées en colonnes entre des poteaux ou en ligne dans une

double ossature. Pour leur finition, les murs en paille peuvent être recouverts de terre ou de chaux et ensuite être peints avec des produits naturels.

V.6.7 Caractéristiques de la paille :



➤ Résistance thermique :

La paille est un bon isolant grâce à l'air contenu dans ses tiges creuses. La résistance thermique de la botte sur chant est de 6,92 m². K/W (lambda 0,052 W/ (m.K) et masse volumique 100/120 kg/m³)

La paille possède de bonnes capacités de déphasage et d'inertie thermique et apporte un bon confort d'été : exemple de la maison de Kelly LERNER au Nouveau-Mexique à l'intérieur de laquelle un différentiel de température de 10 à 15°C avec l'extérieur est maintenu pendant l'été.

Tableau 3 : Résistance thermique de la paille :

Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF

Emplacement	Type et épaisseur	R: résistance thermique Uw: coefficient de transmission thermique
Murs principaux	36 cm de paille	R de 5 à 6 m ² .K/W
Autres murs	Ouate de cellulose et laine de bois	R de 3,8 m ² .K/W
Toiture	36 cm de paille	R de 5 m ² .K/W
Menuiserie en mélèze	95 mm bois triple vitrage	Uw 1 W/(m ² .K)

➤ Acoustique :

La densité de la botte de paille, ici entre 100 et 120 kg/m³, et son épaisseur offrent de bien meilleures performances phoniques qu'un isolant minéral.

Une ressource renouvelable et locale Sous-produit agricole, la paille est un matériau renouvelable et disponible localement à moins de

100 km. Sont disponibles pour la construction, sans faire de concurrence aux activités qui l'utilisent déjà

En Algérie :

1 200 000 tonnes en moyenne sont produites par an

100 000 tonnes environ sont utilisées pour l'élevage

220 000 tonnes devraient à l'horizon 2020 être utilisées en énergie biomasse ⁶³

➤ Durabilité :

La plus vieille maison en paille de France est la « Maison FEUILLETTE » située à Montargis dont la construction remonte à 1921.

La paille utilisée à ISSY est issue de l'agriculture raisonnée, récoltée à moins d'un kilomètre des ateliers de l'entreprise de charpente.

Comme le bois, la paille séquestre le CO² accumulé pendant la croissance de la plante, pendant toute la durée de vie du bâtiment.



Figure 175: fabrication des panneaux à usine

Source : www.ADSC.com

➤ Résistance au feu :

De par sa forte densité, la botte de paille est pauvre en oxygène. Des essais réalisés en Allemagne ont obtenu une résistance au feu d'une heure et demie pour une paroi paille enduite des deux côtés.

Pour l'école d'Issy la résistance au feu demandée est d'une demi-heure. Un essai au feu « LEPİR II » concluant a été réalisé au CSTB.

Insectes et rongeurs La protection physique des plaques (caisson fermé) protège la paille des rongeurs et des insectes. La paille n'est pas attaquée par les termites.

Humidité La paille craint l'humidité. La mise en œuvre choisie, préfabriquée en atelier dans des caissons étanches résout cet inconvénient. Des dispositions particulières ont également été prises pour la protection des caissons lors du transport et de la mise en œuvre.

C'est un essai qui fait sur maquette à taille réelle pour valider la tenue au feu de 30 minutes de la liaison plancher / façade.



0 < t < 30 min :



t = 30 min :



⁶³ Chambre d'agriculture d'Algérie 2011



Figure 176: Essai résistance au feu.

Source : Duo bois paille pour une école et un boulodrome/ PDF

La paille compressée n'est pas un facteur aggravant en cas d'incendie car elle se consume très mal du fait de l'absence d'oxygène à l'intérieur de la botte.

Ce test a désormais valeur de référence et a permis de lever un obstacle important à l'utilisation plus large de la paille dans les bâtiments.

➤ Régulation hygrométrie :

Le pouvoir de régulation de l'hygrométrie est intéressant pour le confort des utilisateurs dans le bâtiment. Le comportement de la paroi à la perméabilité à la vapeur d'eau a été modélisée avec un logiciel spécialisé.

• **Les avantages :**

- Une construction simple et rapide
- La paille, un matériau isolant
- La paille, un matériau sain
- Une bonne résistance au feu de la paille

• **Les inconvénients**

- La maison en paille doit être isolée de l'humidité
- Encore peu de concepteurs en paille

V.6.8 Les tribunes télescopiques de salle multifonctionnelle (en sous-sol) :

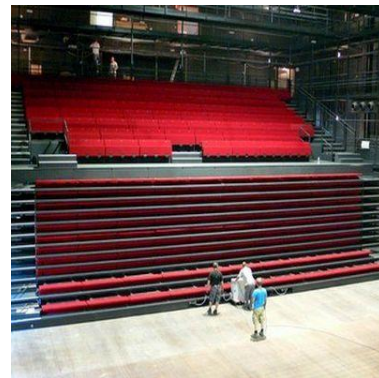
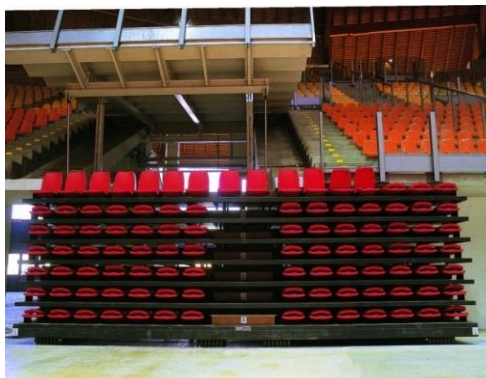


Figure 177 : Tribunes télescopiques

Source : www.AERISC. Com

On utilise ce type de tribune pour :

- Créé un espace polyvalent
- Minimiser la charge sur la structure

a) **Définition :**

Essentiellement prévues pour des installations intérieures, les tribunes télescopiques sont conçues pour donner à votre lieu de spectacle toute la modularité et la polyvalence nécessaires. Manuel ou motorisé, ce système de tribune rétractable vous permettra de transformer en un temps record la configuration de votre salle

z) **Principes techniques :**

Le fonctionnement d'une tribune télescopique repose sur 2 principes fondamentaux :

Le déploiement et le déplacement. Grâce à ce concept elle vous offre la solution si vous avez besoin de changer fréquemment la configuration de votre Salle : elle libère l'espace en un minimum de temps et en toute simplicité. Elle peut se "fixer" contre un mur ou se loger dans une "niche" prévue à cet effet et libère ainsi tout l'espace.

Les tribunes télescopiques sont également étudiées pour assurer la continuité avec les équipements de balcon ou les aménagements éventuels en fosse

Déploiement :

Ce type de tribune se déploie et se replie manuellement ou par motorisation intégrée.

L'ouverture palier par palier vous offre la possibilité de faire varier la jauge de la tribune par ouverture partielle ou intégrale.

Déplacement :

Le déplacement peut être rectiligne (d'avant en arrière) ou multidirectionnel.

Il est assuré par motorisation intégrée transpalette manuels, électriques ou à coussins d'air

Fixation des sièges

La fixation des fauteuils de nos tribunes se fait directement sur la structure métallique des plateaux afin d'assurer une meilleure rigidité. Ce procédé permet également de remplacer le revêtement de sol sans démontage des fauteuils

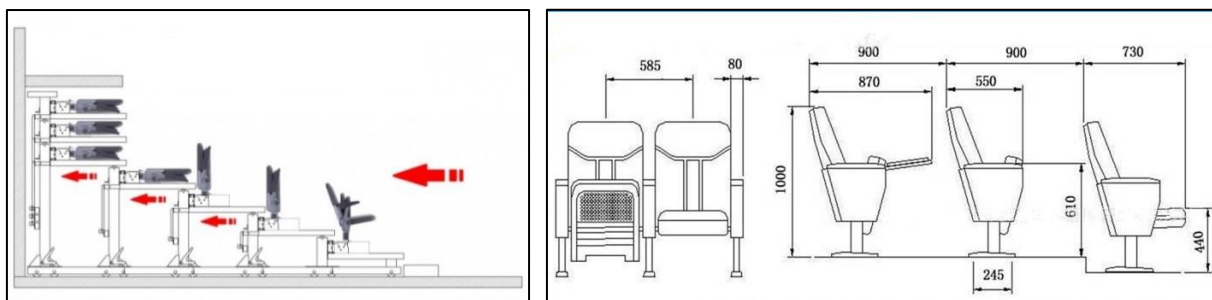


Figure 178 : Fixation et dimensions des sièges
Source : www.AERISC.com

Guidage

Des guidages en haut et en bas des consoles garantissent une ouverture linéaire et silencieuse de nos tribunes

Réglage des plateaux et appuis technils :

Les plateaux des tribunes télescopiques sont équipés d'un système de réglage d'inclinaison. Ce système permet d'ajuster parfaitement la liaison entre le nez du plateau et l'appui technil réglable du plateau inférieur



*Figure 179 : Réglage des plateaux et appuis technils
Source : www.AERISC. Com*

V.6.9 Synthèse :

Dans ce volet nous avons abordé l'aspect technique du projet ce qui a permis de présenter les différents choix structurels, de matériaux, de techniques et systèmes liés à la durabilité et les différents choix conceptuels tant intérieurs qu'extérieurs, ce qui permettra de mettre en exergue les détails du projet afin d'enrichir le volet conceptuel.

VI. CONFORT THERMIQUE DANS LES SALLE DE CLASSE

VI.1.1 Introduction

Le confort thermique est un paramètre important tant pour le bien-être de la personne, que pour assurer son efficace productivité. Il est déterminant de la qualité globale d'usage d'un bâtiment, ce confort ne peut être assuré que par l'optimisation de l'isolation thermique, du critère de l'inertie thermique et bien sur la prise en considération des paramètres de l'architecture durable lors de sa conception afin d'abaisser la consommation énergétique.

Cet aspect de confort occupe une place prépondérante dans la conception d'une école durable surtout pour la salle de classe qui constitue l'espace abritant l'activité mère, tant par la fonction que par le nombre des usagers.

VI.1.2 Problématique :

Le confort thermique constitue une demande reconnue et justifiée dans les espaces de vie du fait de son impact sur la qualité des ambiances thermiques intérieures,

A travers cette recherche, nous allons répondre aux préoccupations suivantes :

Quels matériaux doit-on utiliser dans la salle de classe pour atteindre une amélioration des conditions du confort thermique en hiver et en été ?

Quel système passif peut-on préconiser, dans la salle de classe afin d'améliorer le confort thermique ?

VI.1.3 Objectif :

Assurer une amélioration des conditions du confort thermique à l'intérieur de salle de classe conçue à la ville de Laghouat caractérisé par son climat chaud et aride, et ce par l'utilisation des matériaux locaux organiques et des techniques passives.

VI.1.4 Hypothèse :

Pour répondre à la problématique posée, nous avons émis les hypothèses suivantes :

- 1- Le bon choix des matériaux de construction en l'occurrence la paille et l'utilisation d'une serre orientée nord participe à l'amélioration du confort thermique dans la salle de classe.
- 2- L'isolation par un mur en paille d'épaisseur 42 cm ; additionnée à une serre orientée sud ou niveau du couloir permet d'améliorer les conditions de confort thermique à l'intérieur de la salle de classe.
- 3- La serre orientée sud joue un rôle important, elle permet de réchauffer l'air en hiver et de le refroidir en été.
- 4- La ventilation naturelle nocturne permet et de refroidir l'air en été.

VI.1.5 Méthodologie :

Notre travail est fondé sur la base de deux parties essentielles :

- **La 1ere partie :** Consiste à approfondir nos connaissances sur le confort thermique en particulier les systèmes passifs telle que la serre, ainsi que le rôle de l'isolation par le matériau de la paille déjà abordé au niveau d'approche thématique du mémoire (--/ --).

Dans cette partie on va développer les points suivants :

- Le confort thermique.
- Les dispositifs architecturaux et les techniques passives qui permettent d'assurer le confort thermique adéquat à l'intérieur du bâtiment.
- Méthodes et outils d'évaluation du confort thermique.

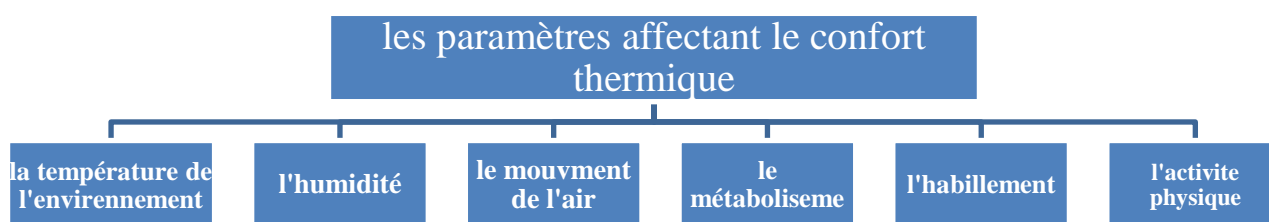
La 2eme partie : c'est une partie expérimentale, basée sur l'utilisation de deux logiciels de Simulation (Ecotect et ENERGYPLUS) qui permet d'évaluer les paramètres du confort thermique afin de vérifier le bien-être thermique des individus.

- Analyse et interprétation des résultats.
- Faire une comparaison entre mur de double cloison et mur de paille et améliorer les conditions du confort thermique d'une salle de classe.

Conclusion et recommandations.

VI.1.6 Les paramètres affectant le confort thermique

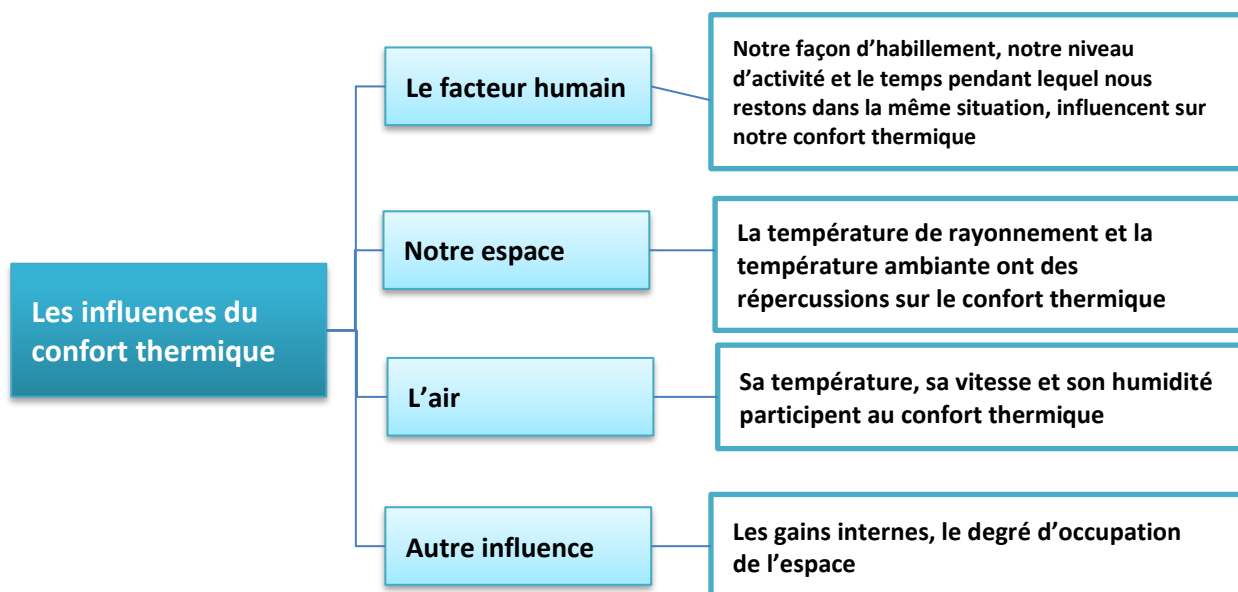
Le confort thermique dépend de 06 paramètres majeurs :



b) Les influences du confort thermique

Le confort thermique, vital pour notre bien-être, est sujet à trois influences majeures : ⁶⁴

Tableau 4 : Les influences de confort thermique



⁶⁴ (Efficacité énergétique des bâtiments tertiaires.) / (Température Ideale.fr.)

c) . La température des parois

La température des parois a une grande influence sur la température ressentie. Pour calculer la température ressentie, il faut faire la moyenne entre la température des parois et la température ambiante. Par exemple, pour une température d'ambiance de 20°C :

Cas n°1 : Température de paroi de 16°C : la température ressentie sera de 18°C

Cas n°2 : Température de paroi de 19°C : la température ressentie sera de 19,5°C

Pour une même température de consigne, le confort thermique sera insuffisant dans le cas 1 et satisfaisant dans le cas 2. Pour augmenter la température des parois, il convient d'isoler correctement son espace en limitant le plus possible les ponts thermiques. Il faut également mettre en place des vitrages performants dont la pose aura été soignée.

L'humidité relative :

L'humidité relative ambiante influence la capacité de notre corps à éliminer une chaleur excédentaire.

• . L'impact de l'humidité relative dans un bâtiment

L'humidité a relativement peu d'impact sur la sensation de confort d'un individu dans un bâtiment. Ainsi, un individu peut difficilement ressentir s'il fait 40 % ou 60 % d'humidité relative dans son bureau.

- L'inconfort n'apparaît que lorsque :
- L'humidité relative est inférieure à 30 %
- L'humidité relative est supérieure à 70 %
- De faibles niveaux d'humidité (en dessous de 30 %) donnent lieu à certains problèmes :
- Augmentation de l'électricité statique
- Gêne et irritation accrue à la fumée de tabac
- Augmentation de la concentration en poussières dans l'air
- de hauts niveaux d'humidité (au-delà 70 % HR) donnent lieu à une croissance microbienne importante et à des condensations sur les surfaces froides.

d) La vitesse de l'air

La vitesse de l'air (et plus précisément la vitesse relative de l'air par rapport à l'individu) est un paramètre à prendre en considération, car elle influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau.

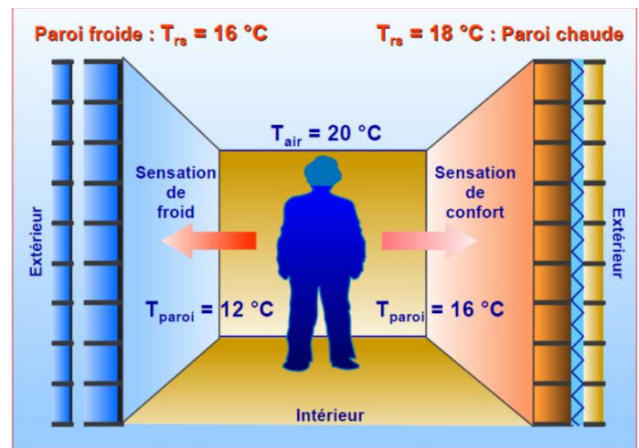


Figure 180: Effet de température des parois sur la température de l'espace

Source : www.energie.renovable.org/2019.02.06

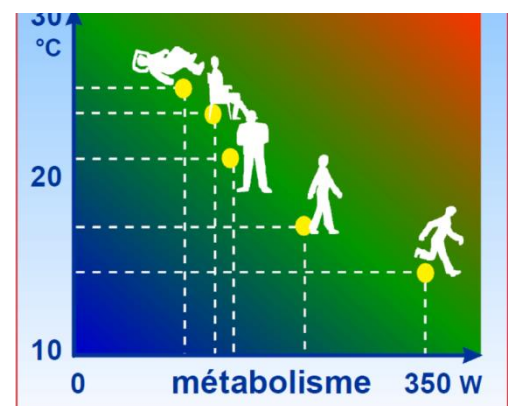


Figure 181: Le métabolisme

Source : www.energie.renovable.org/2019.02.06

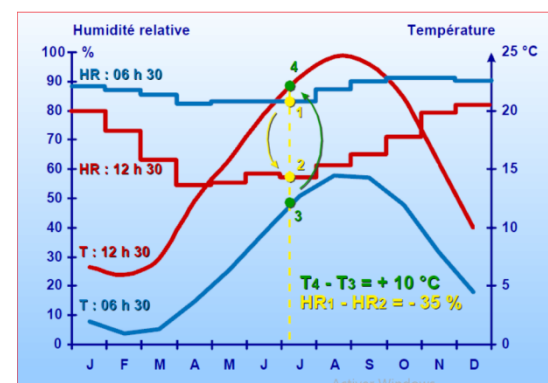


Figure 182: taux d'humidité ambiante optimale d'un point de vue hygiénique

Source : www.energie.renovable.org/2019.02.06

A l'intérieur des bâtiments, on considère généralement que l'impact sur le confort des occupants est négligeable tant que la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,2 m/s.

A titre de comparaison : se promener à la vitesse de 1 km/h produit sur le corps un déplacement de l'air de 0,3 m/s.

Le mouvement de l'air abaisse la température du corps, facteur recherché en été, mais pouvant être gênant.

e) *Le métabolisme*

Le métabolisme, qui 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.

f) *L'habillement*

Le niveau d'habillement des occupants est caractérisé par une valeur relative, exprimée en "clo", l'unité d'habillement. (Energie+ - Efficacité énergétique des bâtiments tertiaires.)

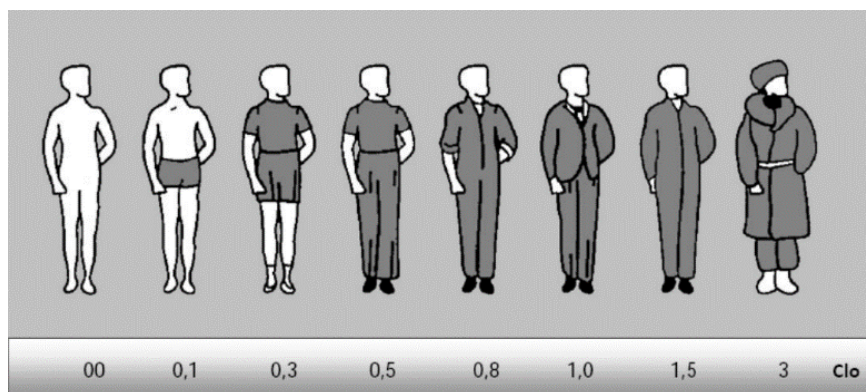


Figure 183: valeurs exprimées des tenues vestimentaires

Tableau 5: valeur exprimée en Clo des tenues vestimentaire

Activité	W/m ²	Met
Repos, couché	45	0,8
Repos, assis	58	1
Activité légère, assis (bureau, école)	70	1,2
Activité légère, debout (laboratoire, industrie légère)	95	1,6
Activité moyenne, debout (travail sur machine)	115	2,0
Activité soutenue (travail lourd sur machine)	175	3,0

VI.1.7 Les solutions passives pour le confort thermique

g) La serre

La serre solaire ou serre bioclimatique est un « outil » de la « panoplie » bioclimatique de premier ordre ! L'effet de serre est un moyen complètement naturel, non assisté et particulièrement puissant pour chauffer de l'air (ou autre chose d'ailleurs). Une utilisation attentive et minutieuse de la serre de ses ouvertures et de ses protections sera donc indispensable pour une bonne efficacité d'utilisation humaine et thermique dans la nuit d'été.

• - L'orientation de la serre

L'orientation optimale d'une serre est plein sud, néanmoins un écart de plus ou moins 20° ne modifie que modérément (-5%) la performance de captage (capacité de la serre à intercepter le rayonnement solaire).

• b- - La ventilation de la serre

- En hiver : L'air neuf transite par la serre où il est préchauffé. Il est ensuite insufflé dans l'espace intérieur par le système de ventilation de l'équipement.
- Journées d'été (risque de surchauffes) : Toutes les communications entre la serre et l'espace de vie doivent être fermées. La ventilation de la serre doit être importante pour éviter l'effet « four ». Elle se fait naturellement par tirage thermique grâce à des orifices spécifiques (partie basse et haute). La ventilation de l'espace habité se fera par le système de ventilation principal, avec un air neuf entrant qui ne sera pas passé préalablement par la serre.
- Nuits d'été : Le bâtiment entier est sûr ventilé de façon à ce que la structure soit tempérée par la fraîcheur de l'air extérieur. Le système de ventilation de la maison laisse place alors à une ventilation naturelle traversant partant de la façade nord jusqu'à la serre, qui fait alors office de « cheminée thermique ».

h) Les Normes du Confort Thermique

La norme américaine ASHRAE 55 - 1992 définit les plages de confort en hiver et en été comme indiqué sur le schéma par exemple : pour une humidité relative de 30 %, les températures opératives recommandées pour l'hiver sont de 20°C à 24°C, et pour l'été de 23°C à 26°C (lorsque la vitesse de l'air est inférieure à 0,2 m/s, la température opérative est égale à la moyenne arithmétique de la température de l'air et de la température des parois).

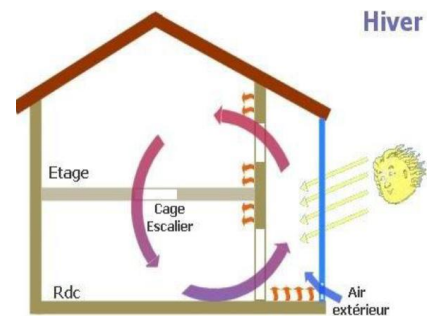


Figure 184 : La ventilation de la serre en hiver

Source : Laura Leigh images.com



Figure 185 : La ventilation de la serre en été

Source : Laura Leigh images.com



Figure 187 : La ventilation de la serre

Source : Laura Leigh images.com

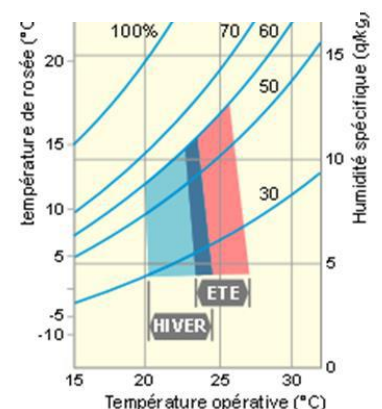


Figure 186 : la température et l'humidité relative

Source : www.ASHRAE 55-1992.com

VI.1.8 Evaluation Numérique du Confort thermique

i) *Choix d'outils de simulation*

En se basant sur les conclusions de ce deux Loisel, les caractéristiques des 2 logiciels suivants seront analysés : ECOTECT et ENERGYPLUS, Le choix de ces 2 logiciels est basé sur leur utilisation étendue et sur leur disponibilité à l'Université.

ECOTECT :

Cet outil rassemble une interface intuitive de modélisation 3D avec des fonctions d'analyse solaire, thermique, visuelle acoustique et de coûts. ECOTECT est l'un des rares outils dont l'analyse des performances est simple, relativement précise et surtout, visuellement efficace.

Développé par Andrew Marsh en 1996, ce logiciel a été acquis par Autodesk en 2009. À ce jour il compte au moins 2000 licences individuelles partout dans le monde.⁶⁵

ENERGYPLUS :

Est un programme de simulation thermique et énergétique des Bâtiments développé par le DOE permettant de réaliser des études de demande et de consommation énergétique.

VI.1.9 L' objectif de la simulation

Pour vérifier la différence entre une double paroi et un mur en paille dans la salle de classe, on a utilisé : Deux logiciels ENERGYPLUS et ECOTECT qui permettent de tester le comportement thermique Global du bâtiment.

Paramètres de simulation

Paramètres fixes :

- Forme
- Orientation
- Hauteur
- Dimensions de salle

Paramètres variables :

- la composition des parois
- la serre

Paramètres mesurés :

Température environnante= t° de l'air + t° des parois + t° individu (température du confort) par ecotect

Température de l'air= t° de l'air Energie+

⁶⁵ (US Département of Energy, 2010).

VI.1.10 Cas d'étude

j) Les caractéristiques de zone étudiée

Les données astronomiques de la région de la zone **D** :

Latitude : 33°47'59" Nord et de Longitude : 2°51'54" Est,

L'altitude par rapport au niveau de la mer : 767m

Design Day en été : Le jour : 21aout Température maximale T max : 40 C Température minimale T min : 25 C Température range : 14 C Vitesse du vent : 3 m/s Direction du vent : sud-ouest /225°	Design Day en hiver : Le jour : 21ecember Température maximale T max : 21 C Température minimale T min : 9 C Température range : 11 C Vitesse du vent : 2.8 m/s Direction du vent : nord-ouest /315°
---	--

- **Position en plan**

Dans ce cas d'étude, On a choisi la salle orientée nord située au 1er étage avec une surface de 66m² (6m*11m), une forme rectangulaire, un couloir au côté sud de S=22m² et des ouvertures orientées au sud vers le patio.

Orientation :

La salle de classe orientée particulière au nord

- **Dimension et forme**

Surface	66m ²
Hauteur	3.5m
Forme	Rectangle
Nombre d' occupants	15 personnes
Surface les ouvertures	14 m ²

Présentation de l'espace :

Nous avons choisi comme cas d'étude pour la simulation du confort thermique un espace principal c'est la salle de classe, de 1er étage orienté nord, avec une façade sur l'extérieur et la deuxième sur la coursive.

Par l'insertion, des données climatiques introduites manuellement de la région de Laghouat, dans le cas le plus critique en hiver d'un jour froid, le 02 janvier, et en été d'un jour chaud, le 21 juillet les heures qui nous intéressent sont les heures de travail de 8:00 h jusqu'à 16:00 h.

Nous nous intéressons d'étudier la température ambiante de l'air intérieur à 9:00 h, et à 15:00 h

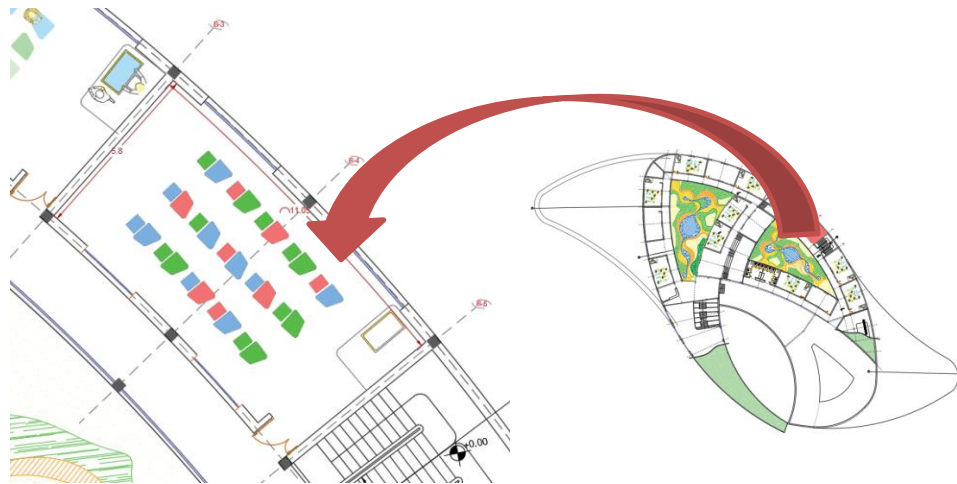


Figure 188 : Plan de salle de classe

Source : Auteur

k) Cas initial

Dans les conditions de constructions habituelles :

- Les parois extérieures sont en double cloison en brique (10+15cm), une lame d'air (5cm), une couche d'enduit plâtre (1.5cm à l'intérieur), une couche d'enduit ciment (14.5cm à l'extérieur).
- Les parois intérieures en simple cloison avec deux couches d'enduit de plâtre (1.5cm sur chaque face).
- Les portes en bois, les fenêtres avec un simple vitrage.
- Les dalles sans isolation.

• Les matériaux

la description détaillée de l'espace à simuler à travers les caractéristiques des éléments qui le compose (les murs, les dalles, les plateformes, les portes, les fenêtres), les matériaux utilisés et la définition des zones.

Table 1 : les paramètre de cas d'étude / source :auteur

Matériaux	Conductivité thermique ($KJ/h m K$)	Chaleur spécifique ($KJ/kg K$)	Densité (kg/m^3)	Epaisseur (m)
Brique creuse	1.7	0.79	720	0.15
Brique creuse	1.8	0.79	720	0.10
Enduit extérieur	4.15	1	1700	0.01
Enduit plâtre	1.26	1	1500	0.01
Mortier	4.15	0.84	2000	0.01
Carrelage	6.14	0.7	2300	/
Béton	7.56	0.8	2400	0.1
Pierre	5	1	2000	0.2
Béton Hourdi	4.801	0.65	1300	0.2

VI.1.11 Cas amélioré

Nous proposons les améliorations suivantes :

Insérer un système passif, en l'occurrence la serre.

Ajouter une protection solaire dans le côté sud.

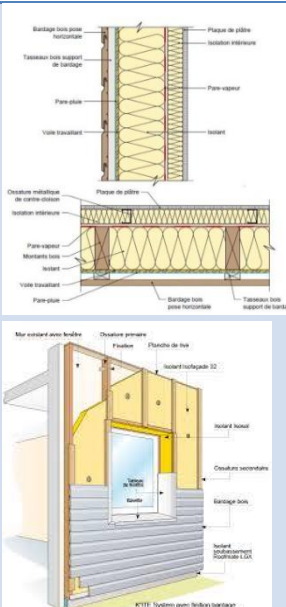
On a choisi la paille comme une isolation pour minimiser la déperdition thermique au niveau des parois et la toiture pour renforcer l'isolation de l'enveloppe.

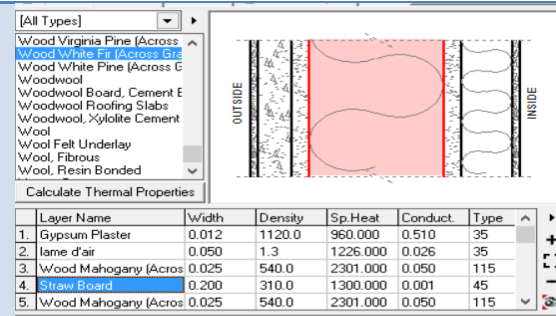
Utilisation du double vitrage pour les fenêtres avec de 0.6 cm de verre lame d'aire 3 cm.

Désignation

Caractéristique


Mure en paille

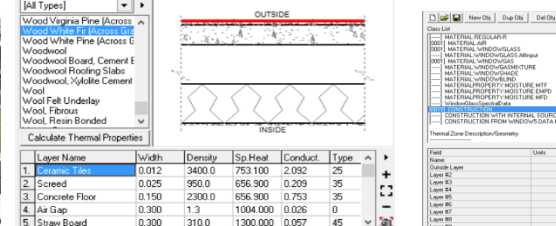




Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1. Gypsum Plaster	0.012	1120.0	960.000	0.510	35
2. lame d'air	0.050	1.3	1226.000	0.026	35
3. Wood Mahogany (Acros	0.025	540.0	2301.000	0.050	115
4. Straw Board	0.200	310.0	1300.000	0.001	45
5. Wood Mahogany (Acros	0.025	540.0	2301.000	0.050	115

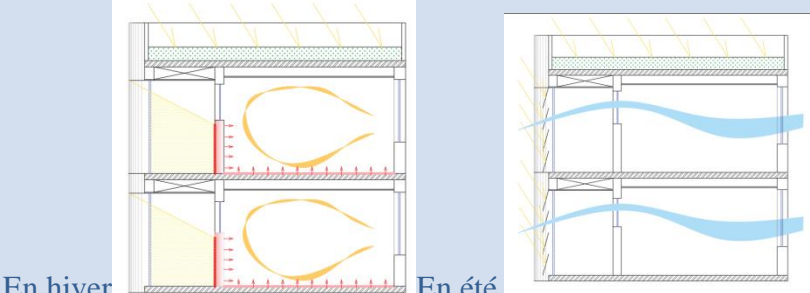
Toiture végétalisée

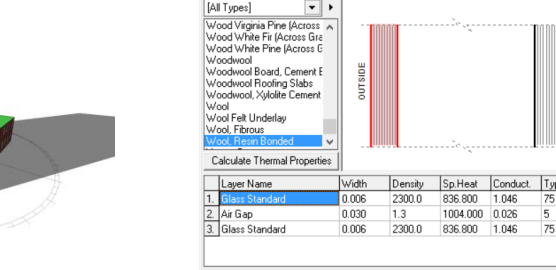




Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1. Ceramic Tiles	0.012	3400.0	753.100	2.092	25
2. Screed	0.025	950.0	656.900	0.209	35
3. Concrete Floor	0.150	2300.0	656.900	0.753	35
4. Air Gap	0.300	1.3	1104.000	0.026	0
5. Straw Board	0.300	310.0	1300.000	0.057	45

Système passif la serre





Layer Name	Width	Density	Sp.Heat	Conduct.	Type
1. Glass Standard	0.006	2300.0	836.800	1.046	75
2. Air Gap	0.030	1.3	1004.000	0.026	5
3. Glass Standard	0.006	2300.0	836.800	1.046	75

VI.1.12 Simulation à l'aide du Logiciel « ECOTECT »

l) Présentation du logiciel

Le logiciel ECOTECT a été créé dans le but de 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 solaires, thermiques, acoustiques et de coût. ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très valables.

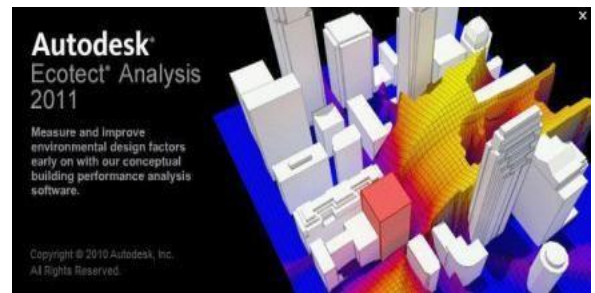


Figure 189 : L'insigne Autodesk Ecotect 2011
Source : <https://www.google.com/ecotect>

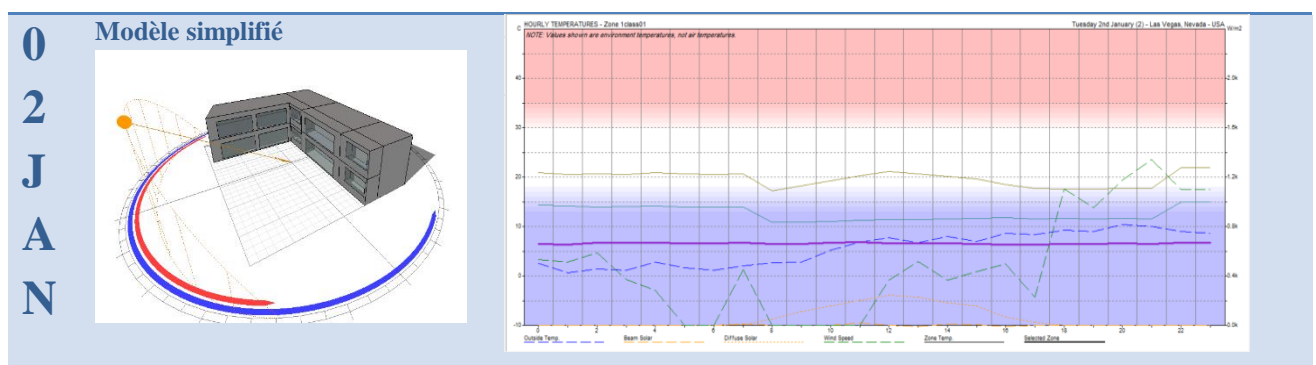
66

ECOTECT calcule la température environnante (température opérative ou température de confort)

m) Condition de la simulation

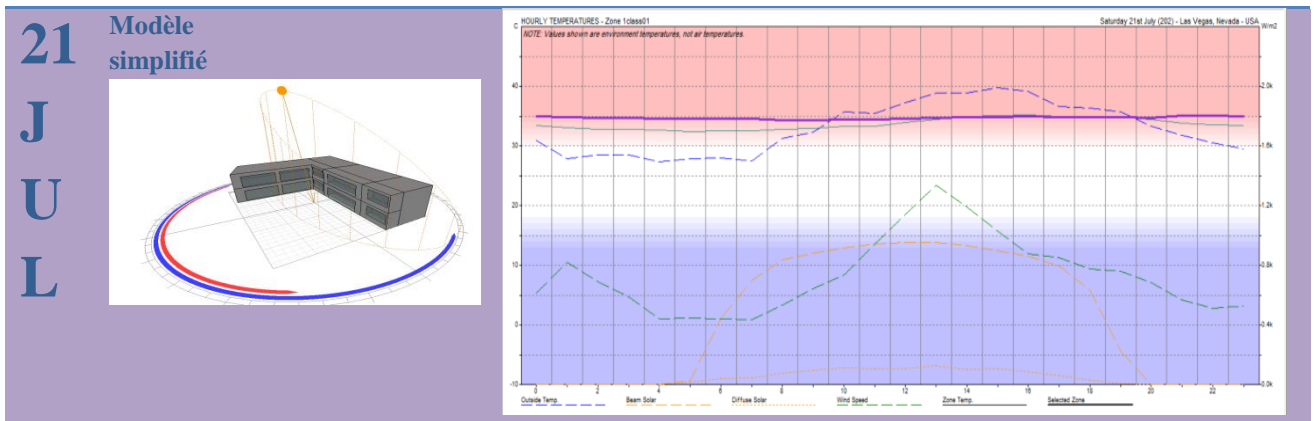
La simulation est faite pour deux jours de l'année à savoir le jour le plus chaud qui coïncide avec 21 juillet et le jour le plus froid le 02 janvier. (Données climatiques de la ville de Laghouat)

n) Modélisation et simulation d'hiver cas initial(ECOTECT) :



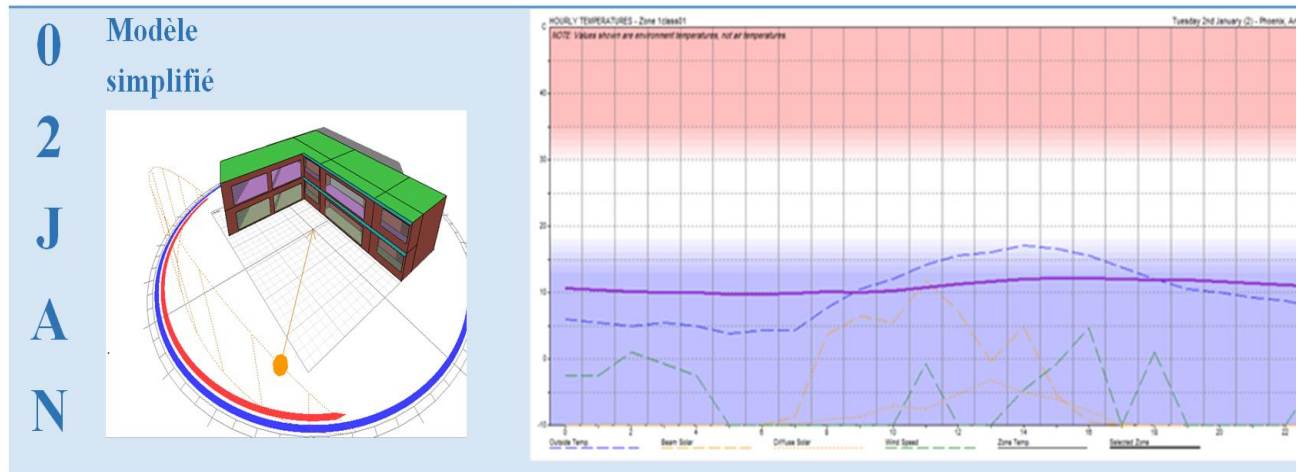
La température environnante simulée à l'intérieur de la salle de classe varie entre 6°C et 7°C avec un écart de 5°C par rapport à l'extérieur. on remarque une fluctuation constante T_a due à l'écart de température et deux apports solaires.

o) Modélisation et simulation d'été cas initial(ECOTECT) :



La température environnante simulée à l'intérieur de la salle de classe varie entre 35°C et 37°C avec un écart de 5°C par apport à l'extérieur.

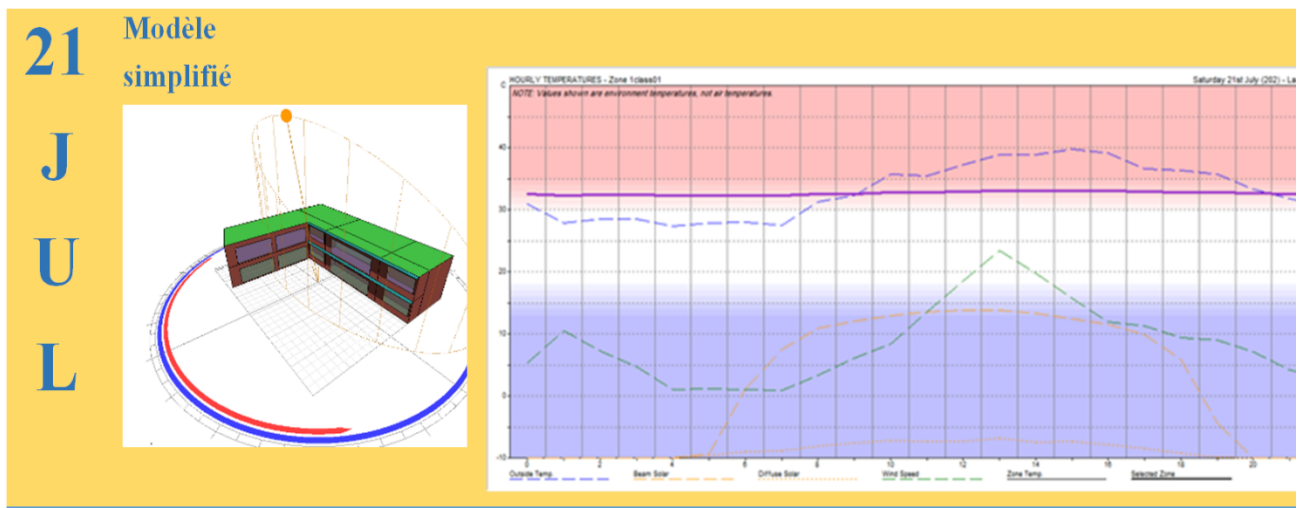
p) *Modélisation et simulation d'hiver cas améliorée (ECOTECH) :*



La température environnante simulée à l'intérieur de la salle de classe est stable à 11°C avec un écart de 4°C à par apport à l'extérieur.

On remarque que la Ta est stable grâce à la serre et utilisation de la paille et protection solaire.

q) *Modélisation et simulation d'été cas améliorée (ECOTECH) :*



La température environnante simulée à l'intérieur du la salle de classe est stable à 30°C avec un écart de 12,5°C de moins par apport à l'extérieur et de 5°C de plus que la Te.

VI.1.13 Simulation à l'aide du logiciel ENERGYPLUS version 1,2 :

r) *Introduction :*

L'analyse thermique par simulation se fait dans une perspective d'intégration des Paramètres physiques et climatiques au Processus de conception des bâtiments, elle permet aussi l'évaluation et le contrôle thermique des projets.



Figure 190:L'insigne de logiciel energyplus

Source : <https://www.google.com/enrgyplus>

s) *Description du logiciel :*

ENERGYPLUS est un programme de simulation thermique et énergétique des Bâtiments développé par le DOE (département of Energy, Etats-unis) permettant de réaliser des études de demande et de consommation énergétique.

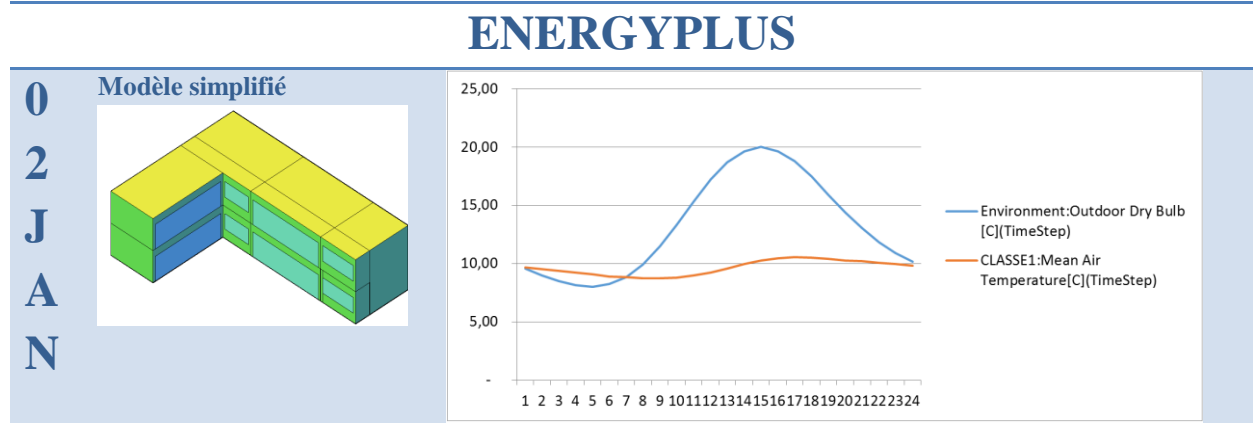
t) *Principe d'ENERGYPLUS :*



u) *Limite du logiciel :*

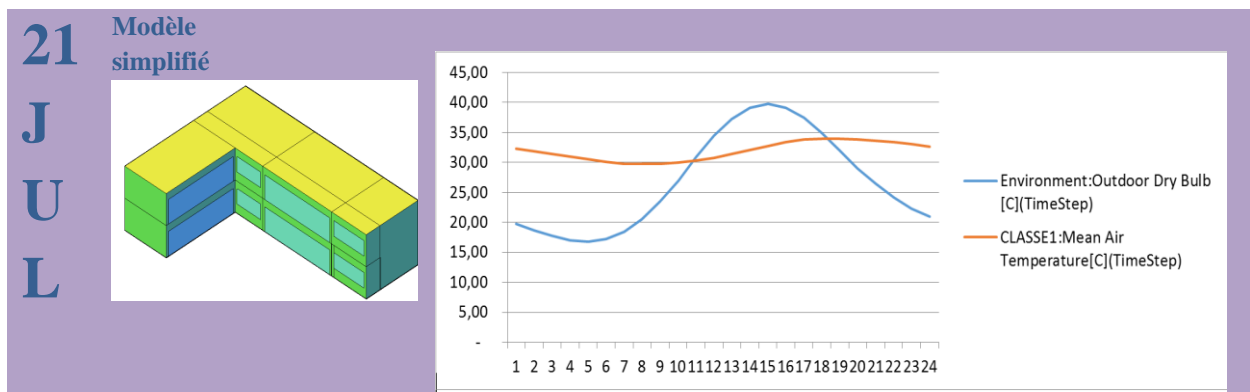
ENERGYPLUS ne prend pas en considération les formes diagonales pour les Ouvertures.
 Les systèmes d'évaporation comme mur végétal
 Logiciel ENERGYPLUS calcule la température de l'air.

VI.1.14 **Modélisation et simulation d'hiver cas initiale (ENERGEYPLUS):**



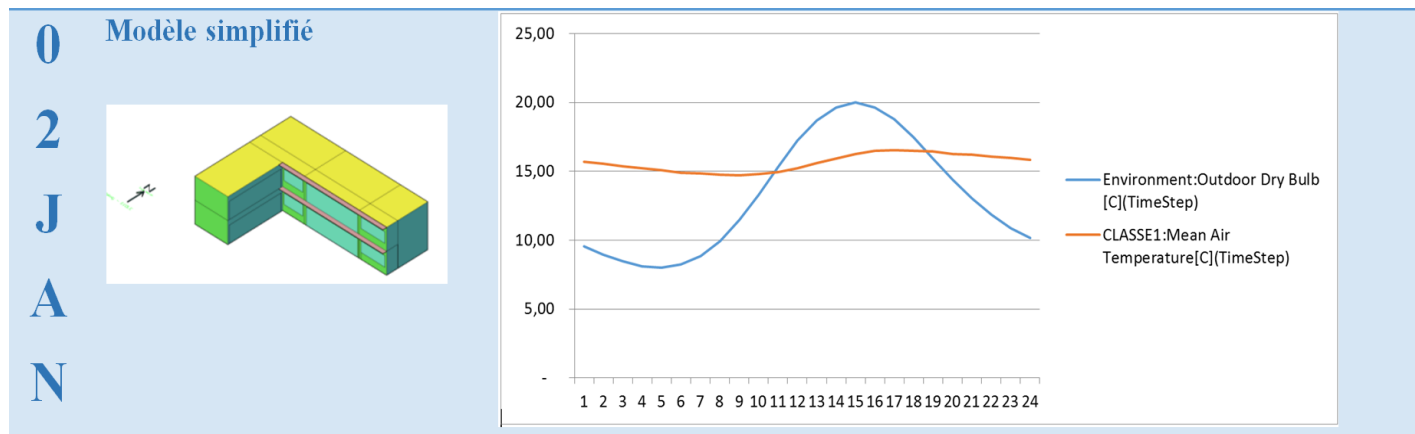
La lecture de graphe fait sortir que la température intérieure enregistré dans la salle de classe (environ 08C à 11 C) cela s'explique par les murs et la toiture non isolé qui constituant l'enveloppe du bâti et le simple vitrage des fenêtres.

VI.1.15 Modélisation et simulation d'été cas initiale (ENERGEYPLUS):



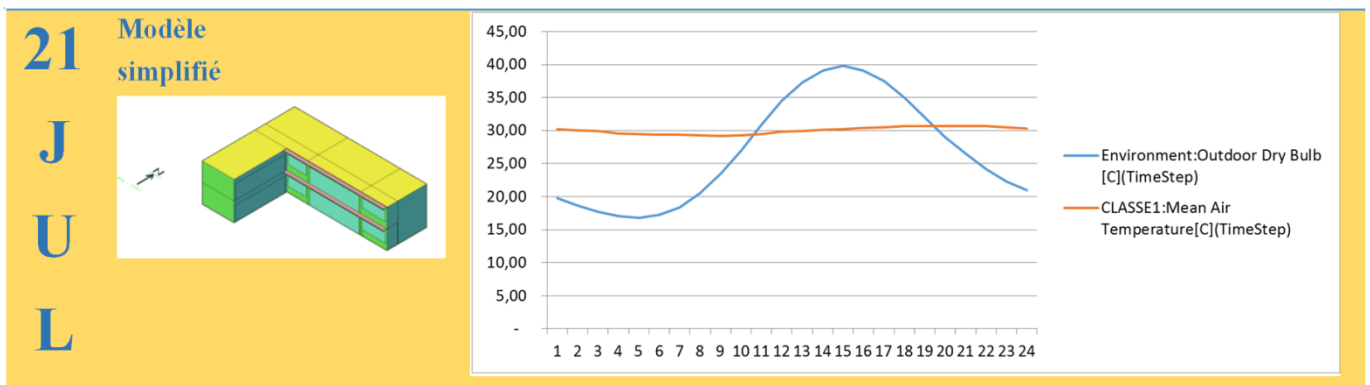
La lecture de graphe fait sortir que la température intérieure enregistré dans la salle de classe est élevée (environ 30C à 34C) cela s'explique par les murs et la toiture sans isolation, qui constituant l'enveloppe du bâti ainsi que le simple vitrage des fenêtres.

VI.1.16 Modélisation et simulation d'hiver cas amélioré (ENERGEYPLUS) :



La température de l'air simulée à l'intérieur de la salle de classe varie entre 15°C et 16,5°C Par l'ajout de la serre, l'isolation a été renforcée et de ce fait, la température a augmenté par rapport au cas initial mais cette température reste insuffisante pour assurer les conditions du confort thermique décrites par la norme de confort thermique qu'est (21°C à 23°C).

VI.1.17 Modélisation et simulation d'été cas amélioré (ENERGEYPLUS) :



Après la simulation on a obtenu les résultats suivants :

La température de l'air dans la salle de classe est (environ 29°C à 30°C)

Donc l'isolation amélioré la température par rapport au cas initial mais cette température reste insuffisante pour assurer le confort thermique dans salle de classe (24°C à 28° C).

VI.2 Interprétation des résultats :

En été : la température intérieure enregistrée dans la salle de classe est inconfortable (environ 30°C à 34°C), On propose d'isoler l'enveloppe et remplacer le simple vitrage par le double vitrage

En hiver : la température intérieure enregistrée dans la salle de classe est inconfortable (environ 8°C à 11°C), On propose d'isoler l'enveloppe et remplacer le simple vitrage par le double vitrage et installer une serre.

Les résultats de simulation obtenus peuvent être justifiés par le fait que le couloir et la salle de classe sont exposés directement aux rayonnements solaires intenses en été (parois vitrée) ce qui a engendré un gain thermique élevé ; cependant en hiver les déperditions thermiques sont trop élevées.

Afin d'établir le confort thermique des améliorations doivent être portées sur le modèle initial.

Il faut comparer les résultats des deux logiciels.

VI.3 Comparaison entre les deux résultats :

v) Le jour de simulation pour l'hiver 02janvier :

Graphe température environnante initiale, améliorée et extérieure résultat ECOTECT

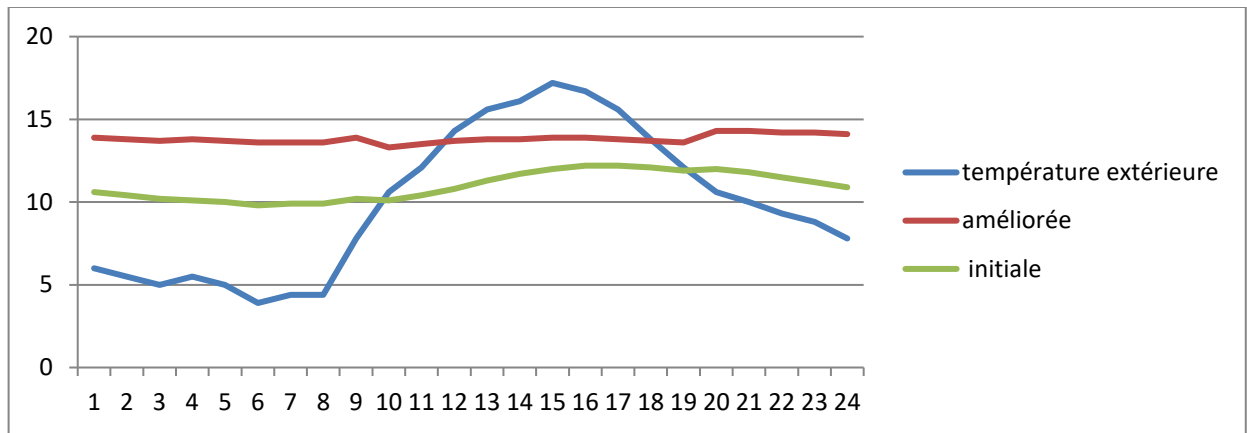


Figure 191 : Cas initiale et améliorée d'hiver / ECOTECT Source : Auteur

Graphes température de l'air cas initial, amélioré et extérieur résultats ENERGYPLUS

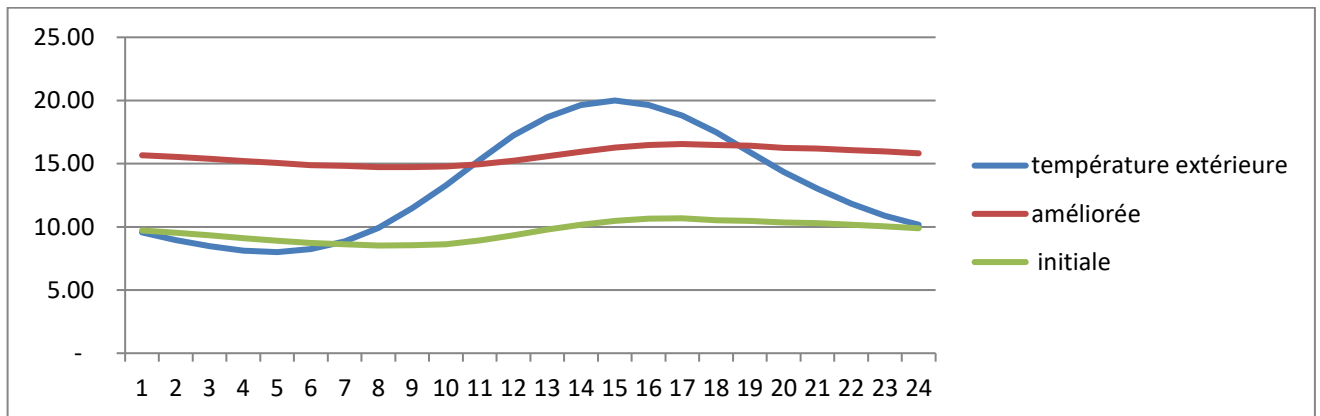


Figure 192 : Cas initiale et améliorée d'hiver ENERGYPLUS Source : Auteur

w) Le jour de simulation pour l'été 21juillet :

Graphe température environnante initiale, et améliorée et extérieure résultat ECOTECT

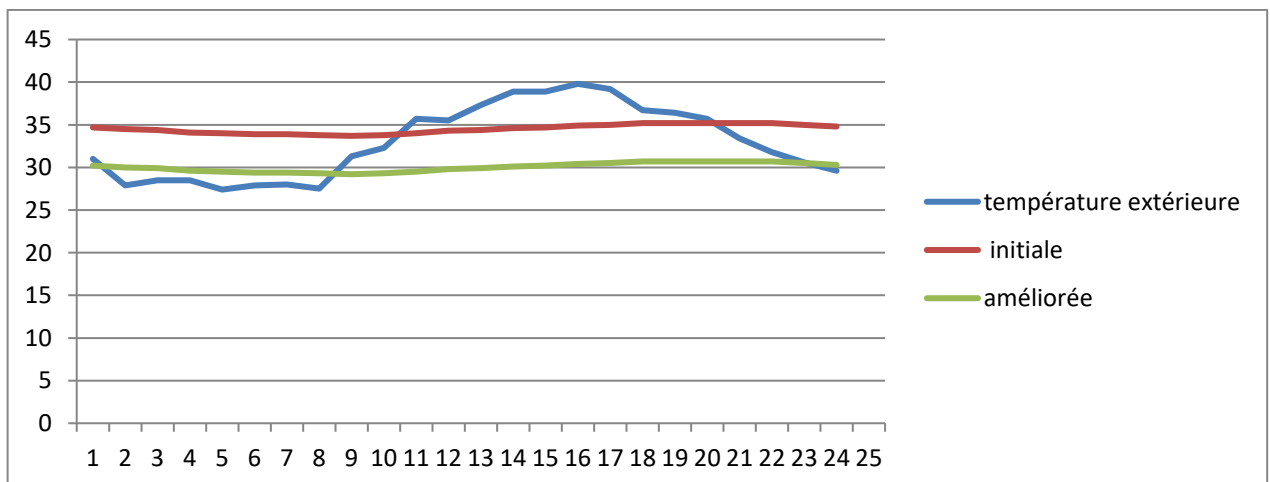


Figure 193 : Cas initiale et améliorée d'été / ECOTECT Source : Auteur

Graphes température de l'air cas initial, amélioré et extérieur résultats ENERGYPLUS

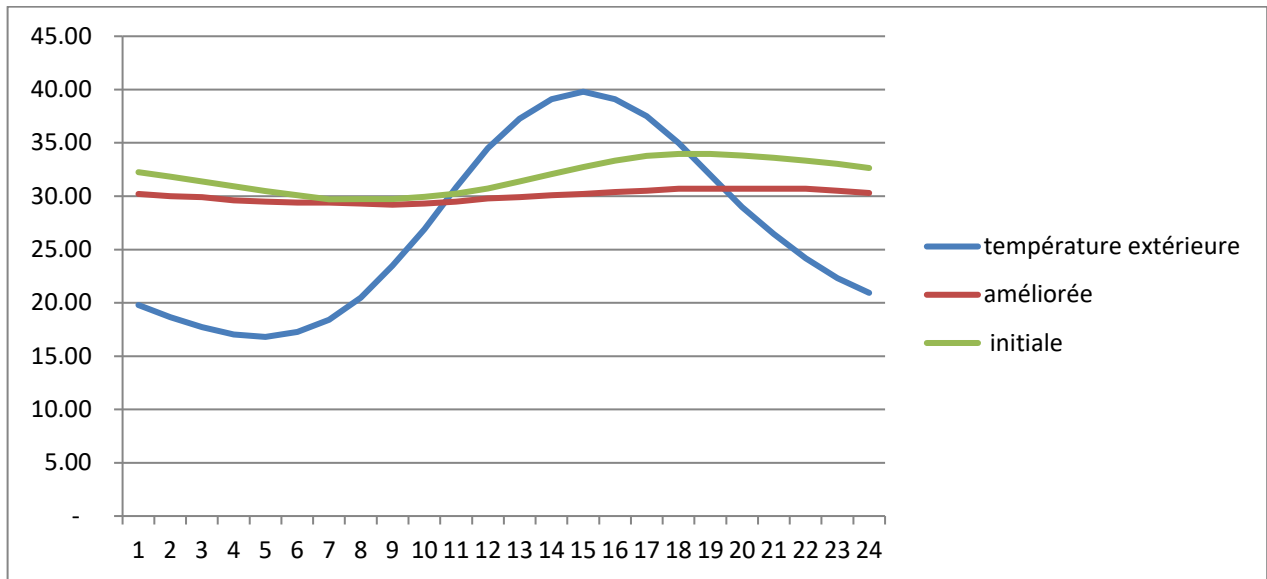


Figure 194 : Cas initiale et améliorée d'été / ENERGYPLUS Source : Auteur

x) Résultat de simulation :

La comparaison entre les résultats obtenus pour les deux logiciels dans le cas initial et cas amélioré montre que :

- En hiver, une amélioration de l'ordre de 5°C.
- En été, une baisse de température de 6°C par rapport au cas initial.

Dans le cas initial, les températures (de l'air et environnement) et intérieures subissent les mêmes fluctuations que les températures extérieures cependant pour le cas amélioré les températures restent plus au moins constantes.

Donc l'effet de la serre et de la ventilation naturelle nocturne conjuguée à l'isolation par la paille permet d'améliorer le confort thermique hivernal et estival dans la salle de classe.

Ces améliorations restent toutefois insuffisantes, on a donc recours à l'ajout des systèmes actifs pour atteindre la zone de confort

La simulation est faite sans la prise en compte des fontaines et de végétation implantée au niveau les patios ; ces derniers peuvent permettre d'après la littérature consultée d'obtenir un confort thermique de haute qualité en été.

VI.3.1 Les recommandations :

Après les résultats de la simulation on remarque que les solutions passives améliorent la température dans le cas étudié mais cette résultat insuffisant pour assurer la température confortable de la salle de classe.

L'aridité du climat nous oblige d'avoir recours à l'utilisation des systèmes actifs afin d'atteindre les zones de confort, néanmoins, les corrections apportées nous permettent de minimiser l'utilisation de l'énergie ce qui s'inscrit dans la démarche environnementale de modération de la consommation énergétique.

- L'utilisation des murs en paille d'épaisseur de 42 cm permet d'améliorer le confort thermique de la salle de classe.
- L'utilisation d'une serre....
- Le double vitrage....
- La configuration spatiale de la salle de classe et les dimensions des ouvertures utilisées dans ce cas aboutissent aux résultats trouvés, chaque éventuel changement peut engendrer la modification des résultats.

Cas d'hiver :

Une recherche approfondie est nécessaire afin de déterminer :

Choix de types des isolants et le type du vitrage utilisé pour les ouvertures.

On renforcées solutions passives par des solutions actives parmi ces solutions on propose :

Des capteurs thermiques solaires intégrés dans les panneaux solaires.

Plancher chauffant :

Les captures thermiques solaires réchauffent le fluide caloporteur qui par pompage est conduit au stock thermique pour y céder une partie de sa chaleur. Le fluide caloporteur diffuse la chaleur dans le bâtiment par un réseau de serpentins.

Cas d'été :

Pour éviter la surchauffe en été en adoptent les solutions suivantes :

- La ventilation transversal au niveau les deux zones (couloir et salle de classe).
- L'intégration des points d'eau (fontaines) et des plantes grimpantes de type chèvrefeuille (plante à feuille caduque) pour rafraichir l'air sec durant l'été.
- Des murs végétaux pour l'humidification des espaces intérieurs en été.

VI.3.2 Synthèse

Le confort thermique dans les zones à climat chaud et aride reste toujours une des préoccupations majeures des concepteurs du projet.

A travers cette étude comparative relative à la performance, entre un mur ordinaire (mur double cloison) et un mur isolé par la paille. On a essayé d'évaluer l'utilisation de la paille comme un isolant, avec l'emploi de double vitrage et un jardin terrasse.

Également on a mis à l'accent sur l'installation de la serre pour l'hiver, c'est un espace tampon qui favorise le captage du rayonnement solaire, ce rayonnement est transformé en chaleur par effet de serre. Concernent l'été nous avons utilisé des brises soleil, qu'ils ont permis d'enregistrer des températures inférieures à celle de l'extérieur

VII. Conclusion générale :

Dans ce modeste travail nous avons essayé de concevoir une école primaire durable multifonctionnelle à la ville de Laghouat avec une conception environnementale fluide. En premier lieu, la recherche bibliographique nous a permis de comprendre notre thématique : l'éducation, les équipements scolaires et l'architecture durable. Complétée par une analyse des projets similaires à la nôtre afin de tirer leçon de techniques de la mise en œuvre en pratique des différents dispositifs et systèmes liés à la durabilité ainsi de comprendre les aspects architecturaux et fonctionnels d'une école primaire.

Dans l'optique, d'intégrer l'école dans son contexte selon les considérations urbanistiques et climatiques de la ville de Laghouat nous avons procédé à l'analyse de la ville et de définir l'assiette d'intervention.

Après l'élaboration de programme quantitatif et qualitatif de l'école nous avons procédé à la projection qui s'est déroulée suivant des étapes en figuration avec le site, la diversité des activités et les exigences multifonctionnelles ainsi que les principes environnementaux

Nous déduisons que la dimension environnementale doit être anticipé dès les phases primaires de processus de conception afin d'obtenir un œuvre architectural réussi sur le plan urbain, énergétique et environnemental.

Enfin une conception architecturale ne peut jamais être définitive, car cela toujours reste un sujet de vérification et d'amélioration pour cela nous avons effectué dans la partie individuelle des simulations numériques à l'aide des logiciels pour vérifier un de nos choix en matière du confort thermique, visuel et énergétique.

En ouvrant le champ à d'autres recherches et études qui peuvent enrichir et approfondir les connaissances dans ce domaine.

Par ce modeste travail nous avons essayé d'apporter une attention à la ville de Laghouat, par la conception d'une école qui participera à promouvoir le secteur éducation et participe à son environnement.

Bibliographie

Livres :

- Gauthier, P. L. (2006). L'école primaire en question. Revue internationale d'Éducation – SÈVRES - .
- Salacroup, A. (1993). Le Japonisme en architecture. Travail Personnel de Fin d'Études pour l'Obtention du Diplôme d'Architecte. L'École d'Architecture de Normandie, Darnétal.
- De l'hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable : ambiances lumineuses. Paris. École d'architecture de Paris- Belleville,
- Guide pour l'aménagement d'école durable au Manitoba, 2em édition.
- Neufert, 10em édition

Thèses :

- Lieux scolaires flexibles et adaptables (modèles conceptuels pour les écoles publiques primaires en Algérie) . Thèse pour l'obtention du grade de docteur en Sciences, Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme d'Alger.
- L'impact de la flexibilité architecturale sur la qualité d'apprentissage pédagogique, université de Bejaia, (2015 – 2016), thèse pour l'obtention du diplôme de master.
- La qualité environnemental et la mixité fonctionnelle -Centre multifonctionnel- thèse pour l'obtention de diplôme du master.
- L'apport des nouvelles technologies sur l'économie d'énergie dans le bâtiment en Algérie, stratégie ou prestige.
- l'impact de la qualité environnemental des établissements scolaires sur la performance eu système éducatif algérien
- Contribution à l'étude du confort visuel en lumière naturelle dans les établissements scolaires en Libye : évaluation qualitative et préconisations, thèse pour l'obtention du grade de docteur.
- Apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan énergétique d'une habitation bioclimatique, thèse pour l'obtention du diplôme de magister

Articles :

- aménager l'espace scolaire
- solution d'éclairage pour l'éducation.

Dictionnaires et encyclopédie :

- Encyclopédie Microsoft® Encarta®, 2009.
- Le petit Larousse, 2009.

ANNEXE

Annexe N°01 : Les 8 intelligences de l'homme :

L'intelligence linguistique consiste à utiliser le langage pour comprendre les autres et pour exprimer ce que l'on pense. C'est l'intelligence des sonorités. Métiers : politicien, conférencier, avocat, poète, écrivain, mais aussi les personnes qui ont à lire et à parler dans leur domaine respectif pour résoudre des problèmes, créer et comprendre.



Elève : sensible à la forme de la communication et au sens des mots. Il se concentre sur le langage oral et écrit. Il communique clairement. Sa mémoire est stimulée par des mots et des phrases bien construites.

L'intelligence logico-mathématique : c'est la capacité de logique, d'analyse, d'observation ainsi que celle de résoudre des problèmes. Ce type d'intelligence permet l'analyse des causes et conséquences d'un fait, l'émission d'hypothèses, la compréhension de phénomènes complexes, la manipulation des chiffres et l'exécution des opérations mathématiques.



Métiers : scientifique, informaticien, médecin, mathématicien.

Elève : recherche des liens logiques entre des concepts et des idées. Il a besoin de formuler une hypothèse et de l'appuyer par des exemples. Il aime catégoriser et classer. Il utilise la déduction et l'abstraction.

L'intelligence intrapersonnelle est l'aptitude à faire de l'introspection, c'est-à-dire à revenir à l'intérieur de soi, à identifier ses sentiments, à analyser ses pensées, ses comportements et ses émotions. Cette forme d'intelligence permet de se comprendre soi-même, de voir ce qu'on est capable de faire, de constater ses limites et ses forces, d'identifier ses désirs, ses rêves et de comprendre ses réactions. C'est aussi la capacité d'aller chercher de l'aide en cas de besoin.



Elève : est un être qui a besoin de réfléchir. Il perçoit bien ses émotions et ses besoins au niveau de l'apprentissage. Il se concentre facilement quand il est seul. Il n'aime pas être dérangé quand il est en posture réflexive.

L'intelligence interpersonnelle ou sociale permet à l'individu d'agir et de réagir avec les autres de façon correcte. Elle l'amène à constater les différences de caractère, de nature, de motifs d'action entre les individus. Elle permet l'empathie, la coopération, la tolérance. Elle donne la possibilité de détecter les intentions de quelqu'un sans qu'elles ne soient ouvertement avouées. Cette forme d'intelligence permet de résoudre des problèmes liés aux relations avec les autres ; elle permet de comprendre et de générer des solutions valables pour aider les autres.



Métiers : leaders, organisateurs.

Elève : sensible aux réactions et aux besoins de son entourage. Il préfère apprendre en coopérant avec les autres. Il noue facilement des relations. Il est à l'écoute des idées des autres.

L'intelligence visuo-spatiale permet à l'individu de se faire une représentation spatiale du monde dans son esprit. Elle donne la possibilité de créer des œuvres d'art et artisanales, d'agencer harmonieusement des vêtements, des meubles, des objets, de penser en images.



Métiers : géographe, peintre, dessinateur de mode, architecte, photographe, styliste, caméraman.

Elève : sensible aux représentations visuelles. Il transforme facilement les apprentissages en images mentales. Il comprend et mémorise mieux en visualisant les objets, les graphiques et les images. Son imagination est importante et utile.

L'intelligence kinesthésique est la capacité d'utiliser son corps ou une partie de son corps pour communiquer ou s'exprimer dans la vie quotidienne ou dans un contexte artistique, pour réaliser des tâches faisant appel à la motricité fine, pour apprendre en manipulant des objets, pour faire des exercices physiques ou pratiquer des sports. La plupart du temps les athlètes, les menuisiers, les chirurgiens et les comédiens ont ce type d'intelligence.



Elève : s'épanouit dans toutes les activités sportives et théâtrales. Il apprend mieux quand il peut utiliser son corps, manipuler et toucher les objets. Il s'exprime beaucoup avec ses mains.

L'intelligence musicale est la capacité de penser en rythme et en mélodie, de reconnaître des modèles musicaux, de les mémoriser, de les interpréter, d'en créer, d'être sensible à la musicalité des mots et des phrases. Dans cette catégorie, on retrouve des danseurs, chanteurs, chorégraphes, vendeurs d'instruments de musique...



Elève : sensible aux mélodies et aux rythmes. Il aime et comprend la musique. Elle le relaxe. Il peut utiliser le rythme pour apprendre.

L'intelligence naturaliste permet à l'individu de classer, de discriminer, de reconnaître et d'utiliser ses connaissances sur l'environnement naturel, sur les animaux, sur les végétaux ou sur les minéraux. Souvent les personnes chez lesquelles cette forme d'intelligence est bien développée aiment posséder un cahier de notes d'observations ou garder leurs observations en mémoire ; elles aiment prendre soin d'animaux, cultiver un jardin et sont en faveur de l'établissement de parcs dans leur ville.



Métiers : biologistes, botanistes, écologistes, océanographes, zoologistes, explorateurs, chasseurs, pêcheurs, chefs cuisinier.

Elève : est un observateur. Il perçoit les détails, les nuances. Il est sensible aux sons et aux caractéristiques de son environnement. Il aime la nature.⁶⁷

⁶⁷ Consulter : <http://www.intelligences-multiples.org/intelligences-multiples2/les-8-types-dintelligences/>

Annexe 02 :

Quelques labels et certifications

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 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.

Label français HQE

Existe depuis 1996 pour les bâtiments collectifs (tertiaire ou résidentiel), depuis 2006 pour les maisons individuelles. Elle distingue les bâtiments plus respectueux de l'environnement en fonction de 14 critères, de la pollution générée par le chantier, à la gestion de l'énergie ou des déchets, en passant par la qualité de l'air et de l'eau. Les bâtiments HQE coûtent plus cher au départ, mais consomment moins d'énergie, ce qui permet de rentabiliser progressivement l'investissement initial.⁶⁸

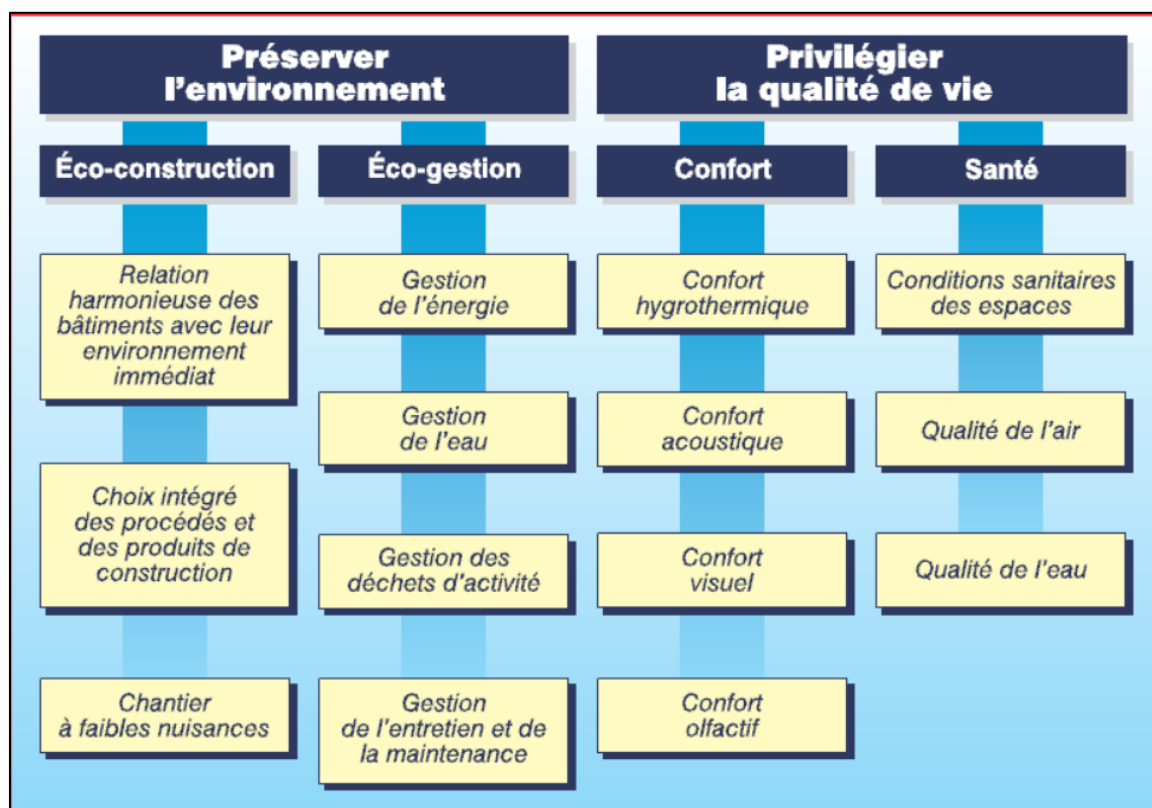


Figure 195 les 14 cibles de HQE

Source : traité d'architecture et d'urbanisme

⁶⁸ (Foulon, 2019)

Label suisse Minergie

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

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

- Chauffage + eau chaude sanitaire : 42 kWh/m² .an.
- Électricité pour les appareils électroménagers : 17 kWh/m² .an

Ces objectifs :

- Optimiser les gains d'énergie passive.
- Minimiser les déperditions thermiques.
- Utiliser l'énergie d'une manière rationnelle. Utiliser les énergies renouvelables.

En résumé Minergie c'est :



Figure 196 Principes Minergie

Source : <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/label-minergie/>

Label BREEM

Breem (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) : ce label britannique privé évalue et classe la durabilité et le comportement environnemental des bâtiments tertiaires selon plusieurs cibles, de passable à excellent.

Il intègre une méthode d'évaluation des performances environnementales d'un bâtiment. BREEAM est un programme volontaire de certification qui s'applique à divers types de projets et classe les impacts des bâtiments sur l'environnement.⁶⁹

	Matériaux et équipements du bâtiment	Fonctionnement et maintenance du bâtiment
Impact sur l'environnement général et l'utilisation des ressources	<ul style="list-style-type: none"> • Les émissions de CO₂ • Les pluies acides • Destruction de la couche d'ozone • Matériaux recyclables 	<ul style="list-style-type: none"> • Les émissions de CO₂ • Destruction de la couche d'ozone • La maintenance du bâtiment
Impact sur l'environnement local	<ul style="list-style-type: none"> • La conservation de l'eau • La maladie du légionnaire • Les transports 	<ul style="list-style-type: none"> • La maladie du légionnaire • Nuisances provenant du bâtiment
Impact sur l'environnement intérieur	<ul style="list-style-type: none"> • La lumière • La qualité de l'air • Les matériaux à risques • Le radon • Les nuisances sonores • La maladie du légionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> • La lumière • La qualité de l'air • Les matériaux à risques • La maladie du légionnaire • Indicateur de "bâtiment sain"

Critères BREEAM pour les immeubles de bureaux (1993) (BRE).

⁶⁹ Cours HQE, Ms S. Baali, département d'architecture Laghouat, année 2018/2019

Label LEED

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) est un système nord-américain de standardisation de bâtiments à haute qualité environnementale créé par le US Green Building Council (en) en 1998, donc est un label de standardisation des bâtiments respectant des critères de haute qualité environnementale (respecter les fondements de l'écologie et du développement durable). C'est l'équivalent du HQE français et du BREEAM.

- LEED permet d'évaluer l'impact et la performance environnementale des bâtiments. La certification LEED a pour objectif de :
- Promouvoir les bâtiments écologiques
- Réduire leurs impacts environnementaux lors de leur construction et pendant leur exploitation.⁷⁰

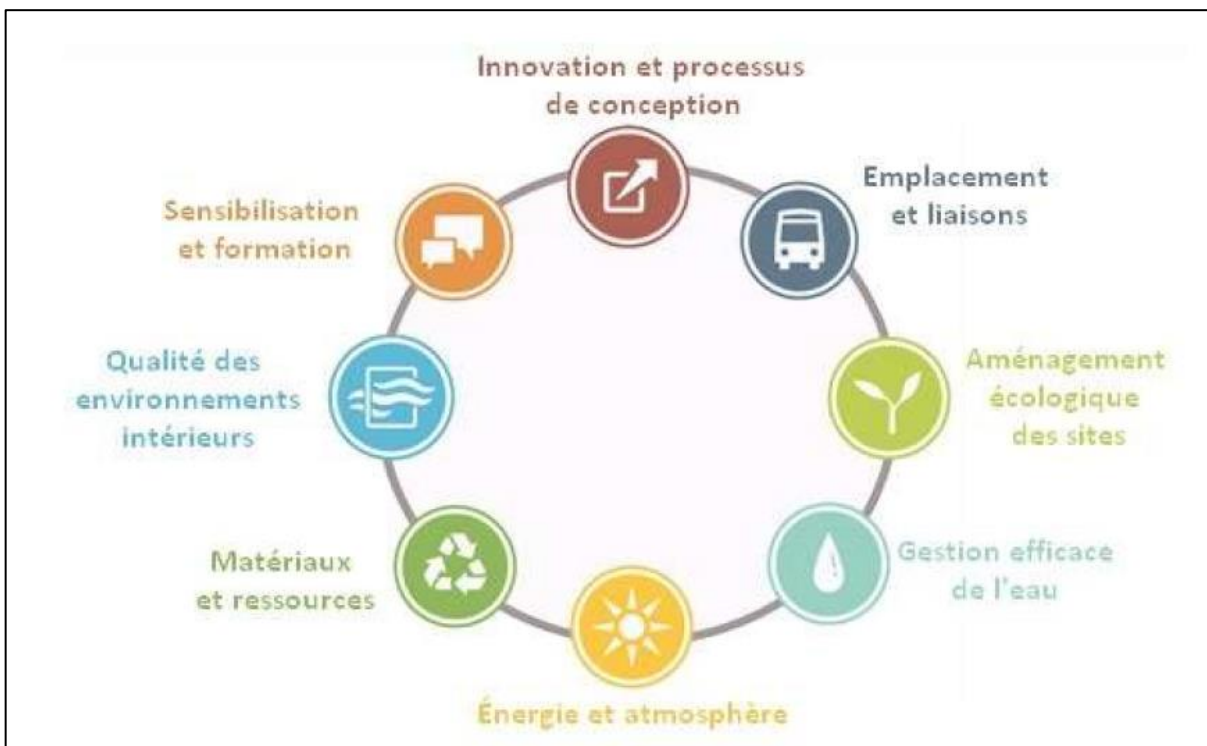


Figure 197 Les grands principes de LEED

Source : <http://www.ecohabitation.com>

Label allemand Passivehaus

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

⁷⁰ Cours HQE, Ms S. Baali, département d'architecture Laghouat, année 2018/2019

- 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 a 15 kWh/m².an et a 42 kWh/m².an au total

Annexe 03 :

Les principes fondamentaux de l'éducation nationale en Algérie

La loi d'orientation sur l'éducation nationale n° 08-04 du 15 muharram 1429 correspondant au 23 janvier 2008 sur l'éducation nationale recommande les principes fondamentaux de l'éducation nationale dans les articles suivants :

Art. 7. L'élève est placé au centre des préoccupations de la politique éducative.

Art. 8. L'éducation nationale, en tant qu'investissement productif et stratégique ; bénéficie à ce titre, de la première priorité de l'Etat qui mobilise les compétences et les moyens nécessaires à la prise en charge de la demande sociale d'éducation nationale et à la réponse aux besoins du développement national.

Art. 9. Les collectivités locales participent, dans le cadre des compétences qui leur sont dévolues par la loi, à la prise en charge de la demande sociale d'éducation nationale, notamment par la réalisation et la maintenance des infrastructures scolaires, le développement des activités culturelles et sportives...

Art. 10. L'Etat garantit le droit à l'enseignement à toute algérienne et tout algérien sans discrimination fondée sur le sexe, l'origine sociale ou l'origine géographique.

Art. 11. Le droit de l'enseignement est concrétisé par la généralisation de l'enseignement fondamental et par la garantie de l'égalité des chances en matière de conditions de scolarisation et de poursuite des études après l'enseignement fondamental.

Art. 12. L'enseignement est obligatoire pour toutes les filles et tous les garçons âgés de 6 ans à 16 ans révolus. Toutefois, la durée de la scolarité obligatoire peut être prolongée de deux (2) années, en tant que de besoin, en faveur d'élèves handicapés.

Les modalités d'application de cet article sont précisées par voie réglementaire.

Annexe 04 :

Exemple 05 : Ecole El-Nasser de Bejaia

Critères de choix d'exemple

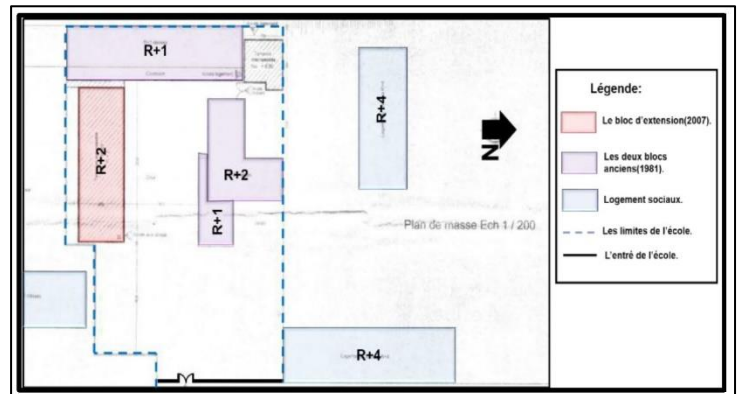
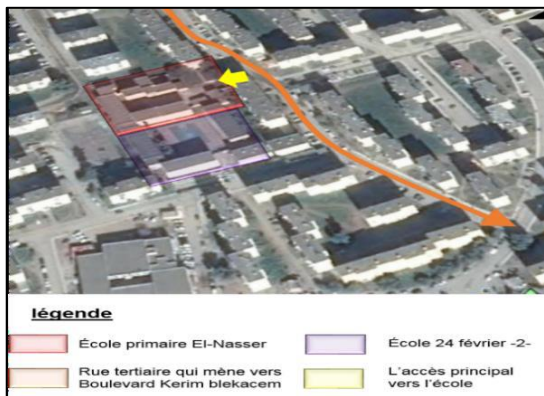
Il est essentiel pour notre projet d'étudier un exemple national

Présentation de l'école

L'école primaire El-Nasser, aussi connue sous le nom " 24 Février -1- " inaugurée en 1981. Elle est conçue pour accueillir principalement 320 élèves soit un ratio de 30 élèves/classe, après son extension la capacité augmente à 654 élèves regroupant des classes de préscolaire et de primaire

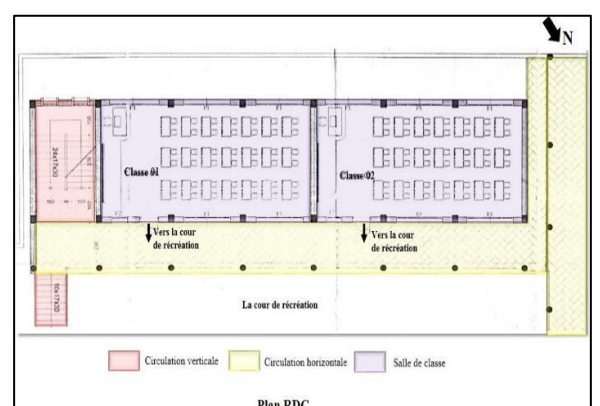
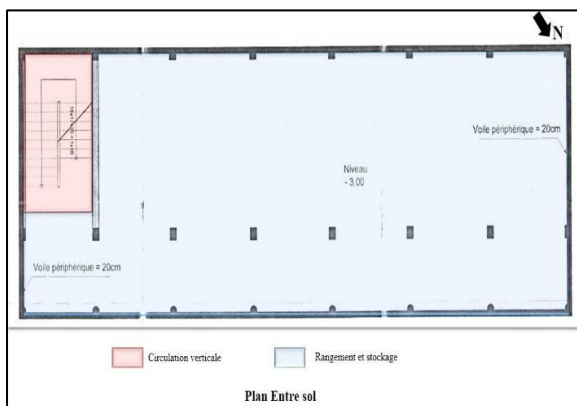
Implantation et accessibilité

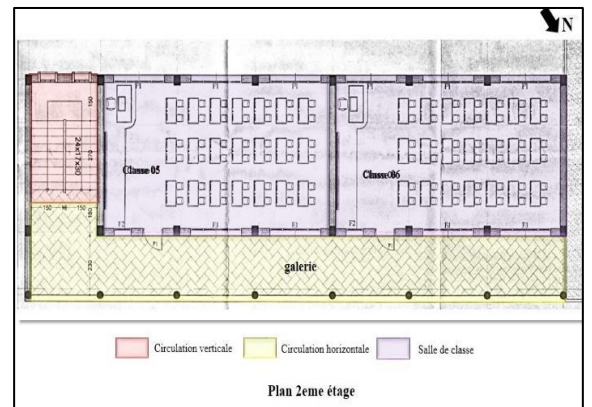
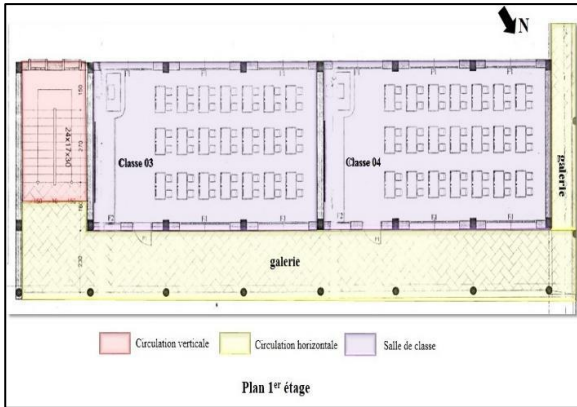
L'école est implantée sur un terrain en pente en s'étalant sur une superficie de 2224.61 m² et délimitée par une clôture, percée d'un seul accès principal pour la communauté pédagogique.



Organisation spatiale

L'organisation de l'école se fait en deux parties distinctes ; deux blocs pédagogiques anciens s'organisant en R+1 et R+2, la deuxième partie d'extension qu'a connue l'école en 2007 s'agit d'un monobloc en R+2. Chaque bloc pédagogique inclut une cage d'escalier qui mène vers les différents niveaux et une coursière (galerie) desservant les salles de classe.

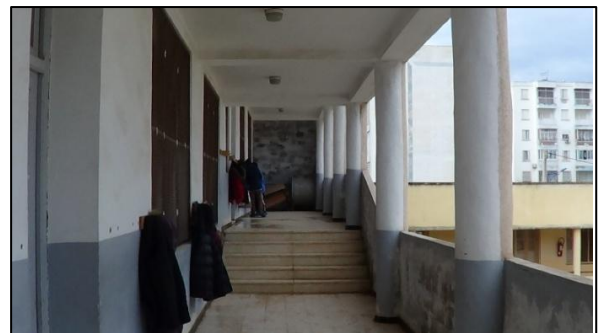




Les espaces composants l'école ne représentent aucune variété, se résument seulement à des salles de classe, une salle polyvalente comme bureau de la directrice et de réunion pour le corps enseignant, une loge de garde et des sanitaires. L'ensemble est aligné et enfermé sur la cour centrale qui est d'une forme rectangulaire, une surface asphaltée et aucun aménagement spécifique.

Organisation du bloc pédagogique

Le bloc comporte un entre sol pour le stockage et rangement, six classes ordinaires avec une trame rectangulaires (11*6.3 m) réparties sur trois niveaux, la distribution est faite par une galerie et un escalier intermédiaire entre deux salles de classe avec une différenciation de niveau (+ 0.58 m).



Description de la salle de classe

La salle de classe est d'une forme rectangulaire plus profonde que large avec une surface de 69.3 m² (supérieure à celle exigée dans le cahier des charge) avec un ratio de (0.6 m²/ élève) et s'ouvrent sur un couloir par une porte communicative et des fenêtres aux vitres partiellement peints ce qui influe sur le confort et l'attention des élèves et l'enseignant. La cloison de séparation intérieure entre deux salles de classe est en simple paroi, réalisée en brique creuse de terre cuite avec un revêtement extérieur en mortier

de ciment et un enduit au plâtre. La salle de classe peut accueillir une seule configuration qui correspond au modèle traditionnel de l'enseignement en groupe classe.



Le mobilier est constitué de tables doubles liées aux chaises avec une ossature métallique pour les élèves assis deux-à-deux formant des rangées régulièrement ordonnées face au bureau de l'enseignant et au tableau blanc fixé au mur au-dessus d'une estrade pour que les élèves puissent écrire dessus. Un rangement commun pour tous les élèves placés au fond de la classe.

Cette dernière est animée par quelques dessins et affichages collés aux murs en maçonnerie fixes.