



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTÉ : DE GENIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE

DÉPARTEMENT D'ARCHITECTURE

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par :

MEROUANE Wafa

**DOMAINE : ARCHITECTURE ET URBANISME ET METIERS DE LA
VILLE**

FILIERE :ARCHITECTURE

OPTION: Architecture et environnement

Thème

LA CONCEPTION D'UN GROUPEMENT SCOLAIRE

TYPE B (180 ELEVES ET 120 ENFANTS)

A CARACTERE ENVIRONNEMENTAL A LA VILLE DE LAGHOUAT

(ZONE CHAUDE ET ARIDE)

**L'impact de l'effet de serre et l'utilisation de BTCS sur le confort
thermique dans la salle de classe**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
KORIBAA Mustapha	MAA	Président
BENCHEIKH Hamida	Prof	Examineur1
TABAI Brahim	MCB	Examineur2
BENCHEIKH Abderrazzak	MAA	Rapporteur

Promotion : juin 2019



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : DE GENIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE

DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture et urbanisme et métiers de la ville

Filière : Architecture

Option : Architecture et environnement

Thème : La conception d'un groupement scolaire type B (180 élèves et 120 enfants) a caractère environnemental a la ville de Laghouat
(zone chaude et aride)

Présenté par : MEROUANE Wafa

Encadré par: Mr BEN CHEIKH Abderrezzak

Résumé : La conception d'un groupement scolaire dans le climat chaud et sec de Laghouat nécessite des précautions appropriées afin de garantir un environnement confortable pour le bien-être et l'exécution des tâches scolaires, surtout dans les salles de classe. Le recours à une forme compacte orientée nord/sud et l'utilisation du BTCS est une solution efficace pour diminuer les déperditions thermiques et contrôler la transmission de chaleur. En hiver, l'exploitation du corridor orienté sud pour le chauffage passif par effet de serre puisse assurer les besoins en chaleur, par contre pendant la période chaude un scénario de ventilation nocturne participe à l'évacuation de la chaleur stagnée dans l'espace. Concernant les conditions lumineuses, un éclairage bilatéral avec des ouvertures équipées par un système de modélisation aide à contrôler la qualité de lumière naturelle et éliminer la pénétration indésirable des rayons solaires. Comme méthode d'évaluation, l'utilisation des logiciels de simulation Energy plus pour l'aspect thermique et Ecotect pour l'aspect lumineux permet de confirmer l'efficacité des solutions utilisées.

Mots clés : Groupement scolaire ; l'environnement ; la ville de Laghouat ; salle de classe; confort thermique et visuel ; l'effet de serre.



Republic Algerian Democratic and Popular
Minister of Superior Catechism and Scientific Research
University Amar Thelidji-Laghouat



Faculty of Civil Engineering and Architecture
Architecture Department

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

Domine: Architecture, Urban and Urban professions.

Career: Architecture

Option: Architecture and Environment

Theme : THE DESIGN OF A TYPE B SCHOOL GROUP (180 STUDENTS AND 120 CHILDREN) WITH AN ENVIRONMENTAL CHARACTER IN THE TOWN OF LAGHOUAT (HOT AND ARID ZONE)

Presented by: MEROUANE Wafa

Supervised by: M.r. BENCHEIKH Abderrezak

Abstract : The design of a school group in the hot and dry climate of Laghouat requires appropriate precautions to ensure a comfortable environment for the well-being and execution of school tasks, especially for classrooms. The use of a compact form oriented north / south and the use of BTCS is an effective solution to reduce heat loss and control heat transfer. In winter, the use of the south-facing corridor for passive greenhouse heating can provide heat requirements, while during the warm period a night ventilation scenario contributes to the evacuation of stagnant heat in space. In terms of light conditions, two-sided lighting with windows equipped with a modeling system helps to control the quality of natural light and eliminate the undesirable penetration of the sun's rays. As a method of evaluation, the use of the simulation Energy Plus for the thermal aspect and Ecotect for the luminous aspect makes it possible to confirm the effectiveness of the solutions used.

Key Word: School group ; environment ; Laghouat city ; class room ; thermal and visual comfort ; greenhouse.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة عمار ثليجي - الأغواط

كلية الهندسة المدنية والهندسة المعمارية قسم الهندسة المعمارية

ملخص مذكرة الماستر

الميدان: هندسة معمارية ، عمران ومهن المدن.

الشعبة: هندسة معمارية.

التخصص: هندسة معمارية و بيئة.

عنوان المذكرة: التصميم البيئي لمجمع مدرسي من النوع ب (180 طالبًا و 120 طفلًا) في مدينة الأغواط
(المنطقة الحارة و الجافة)

تقديم الطالب: مروان وفاء

الأستاذ المؤطر: بن الشيخ عبد الرزاق

ملخص المذكرة:

يتطلب تصميم مجمع مدرسي، في مناخ الاغواط الحار والجاف، اتخاذ الاحتياطات الخاصة لضمان الراحة الحرارية والبصرية لرفاهية المستعملين وأداء المهام المدرسية، خاصة في القاعات الدراسية. اللجوء إلى شكل مدمج موجه شمال جنوب مع استخدام BTCS قوالب التربة المضغوطة والمثبتة هو حل ناجع للحد من فقدان وانتقال الحرارة. خلال فصل الشتاء، استغلال الممر الموجه جنوبا لإنتاج الاحتياجات الحرارية، بالمقابل خلال الفترة الساخنة، اتباع سيناريو التهوية الليلية يمكن من صرف الحرارة المحبسة داخل المجال. فيما يتعلق بظروف الإضاءة، فإنّ الإضاءة من جهتين مزودة بنظام نمذجة الضوء الطبيعي تمكن من التحكم في نوعية الإضاءة والحد من دخول أشعة الشمس غير المرغوب فيها. استعمال المحاكاة ببرنامج Energie plus بالنسبة للجانب الحراري و Ecotect للجانب البصري مكن من تأكيد نجاعة الحلول المتبعة.

الكلمات المفتاحية: مجمع مدرسي؛ البيئة؛ مدينة الأغواط؛ قاعة القسم؛ الراحة الحرارية والبصرية؛ فعل

الدفينة.

Remerciement

Nous tenons à remercier le Dieu tout puissant et tous avoir donné la santé et la volonté, et la patience et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Il nous paraît tout naturel de commencer par remercier les personnes qui nous ont permis d'effectuer ce travail ainsi que d'en faire un moment agréable et profitable.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à notre encadreur Mr « BENCHÉIKH Abderrezak » qui nous a guidés de ses précieux conseils et suggestions et la confiance qu'il nous a témoignés tout au long de ce travail.

Nous tenons à gratifier aussi les membres de jury le président « KORIBAA Mustapha » le professeur monsieur « BENCHÉIKH Hamida » et monsieur « TABAI Brahim » pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail.

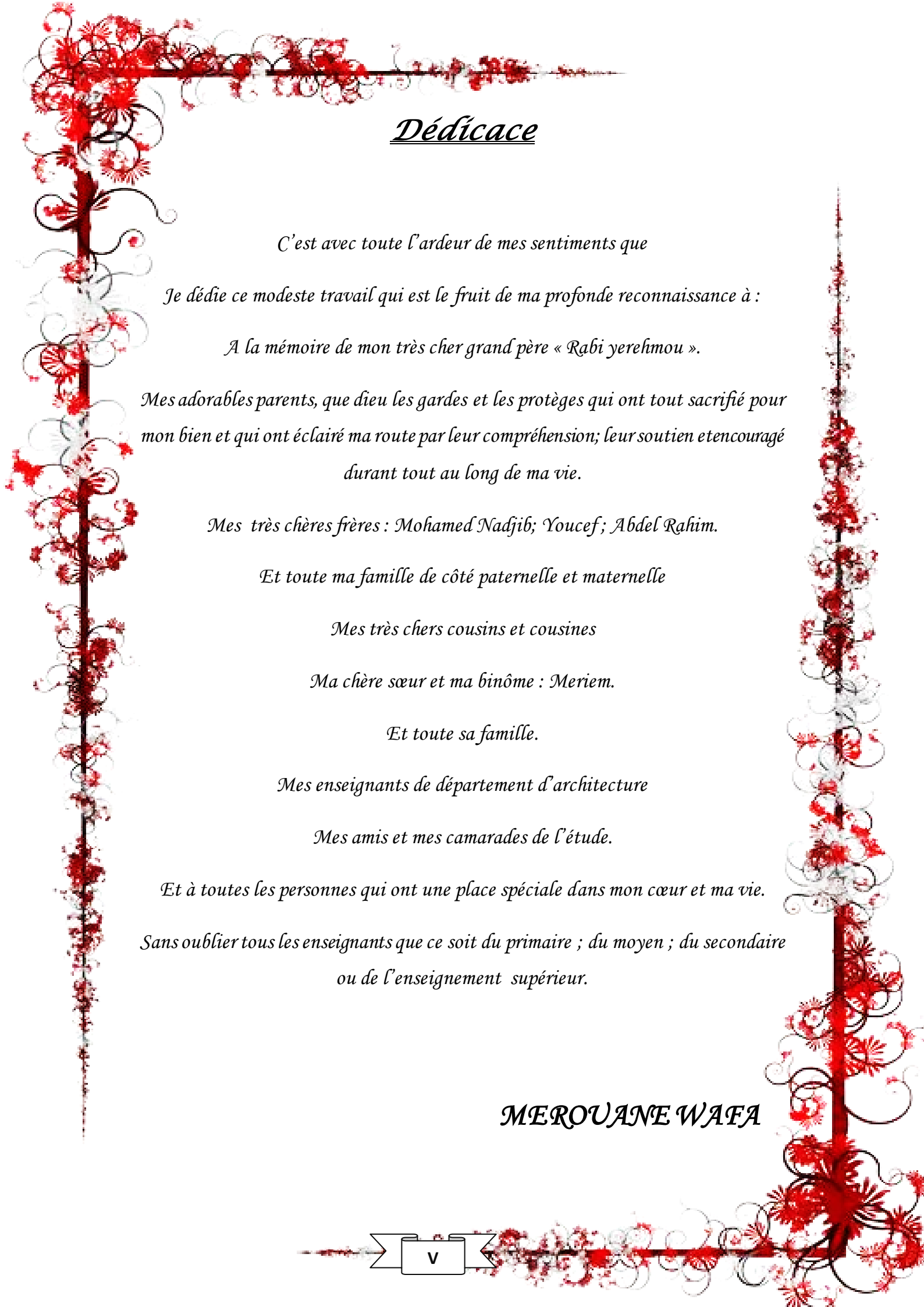
Enfin, on adresse nos sincères sentiments de gratitude et de reconnaissances à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Tous les enseignants de département d'architecture durant le cycle d'étude.

Sans oublier les étudiants d'architecture Master 2

La promo 2014/2015.

merci



Dédicace

C'est avec toute l'ardeur de mes sentiments que

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de ma profonde reconnaissance à :

A la mémoire de mon très cher grand père « Rabi yerehmou ».

Mes adorables parents, que dieu les gardes et les protèges qui ont tout sacrifié pour mon bien et qui ont éclairé ma route par leur compréhension; leur soutien et encouragé durant tout au long de ma vie.

Mes très chères frères : Mohamed Nadjib; Youcef; Abdel Rahim.

Et toute ma famille de côté paternelle et maternelle

Mes très chers cousins et cousines

Ma chère sœur et ma binôme : Meriem.

Et toute sa famille.

Mes enseignants de département d'architecture

Mes amis et mes camarades de l'étude.

Et à toutes les personnes qui ont une place spéciale dans mon cœur et ma vie.

Sans oublier tous les enseignants que ce soit du primaire ; du moyen ; du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

MEROUANE Wafa

Sommaire :

Résumés :	I
Remerciement :	IV
Dédicace :	V
Sommaire :	VI
Liste des figures :	X
Liste des tableaux :	XVII
Introduction générale :	1
Introduction :	2
Problématique :	2
Les hypothèses :	4
Sous hypothèses :	4
Les Objectifs :	4
Structure de mémoire :	5
Méthodologie de travail :	6
Etude thématique :	6
I. Introduction :	7
I.1. Définitions liées à l'environnement :	7
I.1.1. Architecture et environnement :	7
I.1.2. Développement durable :	7
I.1.3. Architecture durable :	7
I.1.4. Architecture écologique :	8
I.1.5. Architecture bioclimatique :	8
.....	8
I.1.6. La haute qualité environnementale :	10
I.2. Définitions liées au thème :	11
I.2.1. Education :	11
I.2.2. Etablissement scolaire :	11
I.2.3. Groupe scolaire :	13

I.2.4.	Ecole :	13
I.2.5.	Ecole maternelle :	13
I.2.6.	Ecole primaire :	13
I.3.	Analyse des exemples :	15
I.3.1.	Exemple 01 : Ecole maternelle Grézieu-la-Varenne.	15
I.3.2.	Exemple 02 : Ecole primaire et maternelle NIKI	20
I.3.3.	Exemple 03 : Ecole primaire Gloria.	25
I.3.4.	Exemple 04 : Ecole maternelle et primaire les trèfles.	30
I.4.	Synthèse :	34
	Etude contextuelle:	34
II.	Introduction :	35
II.1.	Situation de la ville de Laghouat :	35
II.1.1.	Les données climatiques de la ville de Laghouat :	36
II.1.2.	Evolution urbaine de la ville de Laghouat :	41
II.1.3.	Les éléments de l'environnement incluent sur le style architectural :	41
II.2.	Echelle locale :	43
II.2.1.	Motivation de choix du site :	43
II.2.2.	Situation du site par rapport la ville :	43
II.2.3.	Repères et accessibilité:	43
II.2.4.	Les limites de parcelle:	44
II.2.5.	Les voisinages du site :	44
II.2.6.	Les éléments architecturaux dans le site :	44
II.3.	Choix du terrain :	45
II.3.1.	Les limites du terrain :	45
II.3.2.	La topographie du terrain :	46
II.3.3.	L'ensoleillement et les vents :	46
II.4.	Synthèse :	47
	Etude programmation:	48
III.	Introduction :	48
III.1.	Les entités d'un groupe scolaire :	48
III.2.	Programme qualitatif :	49

III.2.1.	Les exigences des espaces :	49
III.2.2.	Exigence de confort :	55
III.3.	Le programme quantitatif :	55
Etude architecturale:.....		58
IV.	Introduction :	58
IV.1.	Les principaux éléments conceptuels :	58
IV.1.1.	Les conditions essentielles d'une bonne architecture scolaire : 58	
IV.1.2.	La conception des bâtiments scolaires :	59
IV.1.3.	La conception de la salle de cours :	59
IV.2.	La genèse de projet :	60
IV.2.1.	Présentation de terrain d'intervention :	60
IV.2.2.	Matérialisation et les étapes de projet :	62
IV.3.	La conception de projet :	72
IV.3.1.	Le plan de masse :	72
IV.3.2.	Les plans intérieurs :	77
Etude technique:.....		89
V.	Introduction :	89
V.1.	Les Systèmes constructifs :	89
V.1.1.	Structure :	89
V.1.2.	La maçonnerie :	92
V.1.3.	Les choix intérieurs :	92
V.2.	Les techniques bioclimatiques utilisées :	98
V.2.1.	L'effet de serre :	98
V.2.2.	Façade double peau :	98
V.2.3.	Les atriums bioclimatiques :	98
V.2.4.	Les protections solaires :	99
V.2.5.	Les panneaux photovoltaïques:	99
V.2.6.	La toiture :	99
V.2.7.	La végétation :	100
V.2.8.	Protection contre l'incendie :	101

Partie simulation: confort thermique.

VI.	Introduction :	103
VI.1.	Recherche thématique :	104
VI.1.1.	Définition de confort :	104
VI.1.2.	Définition de confort thermique :	104
VI.1.3.	Le confort thermique dans les milieux scolaires:	104
VI.1.4.	Les normes de confort thermique dans les salles de classe:	105
VI.1.5.	Les modes de transfert de chaleur :	105
VI.1.6.	Les facteurs ayant une incidence sur le confort thermique :	106
VI.1.7.	Les stratégies de confort thermique :	109
VI.1.8.	Les techniques utilisées dans le cas d'étude :	110
VI.1.9.	Le matériau de construction utilisé :	112
VI.2.	Evaluation numérique de confort thermique :	113
VI.2.1.	Présentation de logiciel :	113
VI.2.2.	Présentation de cas d'étude :	113
VI.2.3.	Les étapes de simulation :	115
VI.2.4.	La simulation :	119
VI.3.	Synthèse :	126
VIII.	Conclusion :	12827
	Références :	A
	Annexe :	a

Liste des figures :

Chapitre I : Etude thématique.

Figure I-1: les piliers de développement durable	7
Figure I-2: Les principes de base	9
Figure I-3: les stratégies bioclimatiques	9
Figure I-4: Stratégie de l'éclairage naturel	10
Figure I-5: Typologies des établissements scolaires	12
Figure I-6: Typologies des établissements scolaires en Europe.	12
Figure I-7: salle maternelle	13
Figure I-8: salle de classe	14
Figure I-9: Les formes des salles de classe	14
Figure I-10: Ecole maternelle Grézieu la varenne.	15

Figure I-11: situation de l'école maternelle.	15
Figure I-12: L'accessibilité et les axes au projet	16
Figure I-13: Plan de masse du projet.	16
Figure I-14: Répartition des blocs.	17
Figure I-15: Schéma explicatif d'implantation.	17
Figure I-16: La volumétrie de projet.	17
Figure I-17: Façade Nord de l'école Grézieu.	18
Figure I-18: Façade Sud de l'école Grézieu.	18
Figure I-19: Plan d'organisation des espaces.	18
Figure I-20: Les espaces intérieurs de l'école Gréziau.	19
Figure I-21: Coupe explicative des techniques.	19
Figure I-22: Groupe scolaire NIKI.	20
Figure I-23: Situation de l'école Niki.	20
Figure I-24 : Accessibilité et axes au projet.	20
Figure I-25: Plan de masse de l'école Niki.	21
Figure I-26: Répartition des blocs.	21
Figure I-27: Le volume de projet.	22
Figure I-28: Façade de l'école Niki.	22
Figure I-29: Les façades de groupe scolaire Niki.	22
Figure I-30: Plan de 1er étage.	23
Figure I-31: Plan de RDC.	23
Figure I-32: Coupe sur les espaces intérieurs.	23
Figure I-33: Les techniques utilisées.	24
Figure I-34: Ecole primaire Gloria.	25
Figure I-35: Situation de l'école Gloria.	25
Figure I-36: accessibilité de projet.	25
Figure I-37: Plan de masse de Gloria.	26
Figure I-38: Répartition des blocs.	26
Figure I-39: Volumétrie de projet Gloria.	27
Figure I-40: Façade principale Nord.	27
Figure I-41: Façade Sud.	27
Figure I-42: Plan de RDC.	28
Figure I-43: Plan de 1er étage.	28
Figure I-44: Les espaces intérieurs.	28
Figure I-45: Capteurs au niveau des fenêtres.	29
Figure I-46: Les énergies renouvelables.	29
Figure I-47: la géothermie et collecte des eaux pluviales.	29
Figure I-48: Ecole communale des trèfles.	30
Figure I-49: Situation de l'école des trèfles.	30
Figure I-50: Accessibilité au projet.	30
Figure I-51: Plan de masse des trèfles.	31
Figure I-52: Répartition des blocs.	31

Figure I-53: la volumétrie de projet.....	32
Figure I-54: Façade de l'école des trèfles.	32
Figure I-55: Plan de 1er étage.	32
Figure I-56: Plan de RDC.....	32
Figure I-57: Eclairage naturelle.	33
Figure I-58: ventilation naturelle.	33
Figure I-59: toit végétalisé.....	33

Chapitre II: Etude contextuelle.

Figure II-1: Situation de la ville de Laghouat.	35
Figure II-2: Situation astronomique.	35
Figure II-3: Classification des zones climatiques.	36
Figure II-4: Carte géographique d'aridité.	36
Figure II-5: Les heures d'ensoleillement.	37
Figure II-6: le rayonnement solaire de Laghouat.	37
Figure II-7: Graphe de type de ciel de Laghouat.	37
Figure II-8: Graphe de température moyenne.	38
Figure II-9: Diagramme de vitesse du vent de Laghouat.....	38
Figure II-10: la rosée de vent.	38
Figure II-11: Graphe d'humidité.	39
Figure II-12: Graphe de la pluviométrie.	39
Figure II-13: Diagramme Givoni la ville de Laghouat.	40
Figure II-14: Evolution urbaine de la ville de Laghouat.	41
Figure II-15: les techniques utilisées dans la ville de Laghouat.	42
Figure II-16: Les techniques utilisées dans le style architectural de la ville de Laghouat.	42
Figure II-17: Situation du site par rapport la ville de Laghouat.	43
Figure II-18: repères et accessibilité.	43
Figure II-19: Les limites du site.	44
Figure II-20: les voisinages du site.	44
Figure II-21: présentation du terrain.	45
Figure II-22: Les limites du terrain.	45
Figure II-23: Coupe topographie longitudinale et transversale du terrain.	46
Figure II-24: Les données climatiques du terrain.	46

Chapitre III : Etude programmation.

Figure III-1: Salle de classe.	49
Figure III-2: Dispositions des tables dans les salles de classe.	49
Figure III-3: Atelier d'apprentissage.	50
Figure III-4: Salle polyvalent. Google image	50
Figure III-5 Bibliothèque.	50
Figure III-6: Espace de repos. Google image.	51
Figure III-7: des vestiaires. Google image.	51

Figure III-8: Les sanitaires.	51
Figure III-9 : espace de change. Google image	52
Figure III-10 : Salle des enseignants. Google image	52
Figure III-11 Cour de récréation et préau.	52
Figure III-12 Bureau de directeur. Google image	53
Figure III-13 : Bureau de secrétariat. Google image	53
Figure III-14 : Bureau d'infirmier.	53
Figure III-15 : Log de surveillance. Google image	54
Figure III-16: Cantine scolaire.	54
Figure III-17 : La cuisine scolaire.....	54

Chapitre IV : Etude architecturale.

Figure IV-1: Situation et accessibilité de site d'intervention.	60
Figure IV-2: Présentation de terrain.	61
Figure IV-3: Les données climatiques de terrain.	61
Figure IV-4: Choix des accès de projet.	62
Figure IV-5: Mode d'occupation de projet.	63
Figure IV-6: Création de cour au milieu de projet.	63
Figure IV-7: Zoning (création des entités principales).....	64
Figure IV-8: Organigramme.	64
Figure IV-9: Répartition des entités communes.	65
Figure IV-10: Répartition des entités communes (étage).	65
Figure IV-11: Zoning (vue 3D).....	66
Figure IV-12: Différence des niveaux.....	67
Figure IV-13: Les parcours.	67
Figure IV-14 Sous Zoning des entités.	68
Figure IV-15: forme des salles de classe.	69
Figure IV-16: le volume et les différents niveaux.	70
Figure IV-17: Le volume.	70
Figure IV-18: Aménagement Extérieur.	71
Figure IV-19: Plan de masse de projet.	72
Figure IV-20: Espace d'attente.....	73
Figure IV-21: Parking.....	73
Figure IV-22: Passage vert.	73
Figure IV-23: Salle et terrain de sport.	73
Figure IV-24: Vue sur jardin d'enfant.	74
Figure IV-25: Vue de 3D plan de masse.	74
Figure IV-26 : Vue sur la partie primaire.	75
Figure IV-27: Vue sur la partie maternelle.	75
Figure IV-28 Vue sur les cours de récréation.	76
Figure IV-29 : Vue sur la cour maternelle.	76
Figure IV-30 : Vue sur terrasse jardin.	76
Figure IV-31 : Vue 3D d'intérieur.	77

Figure IV-32 : Vue 3D sur les escaliers.	77
Figure IV-33: La circulation intérieure (RDC).	79
Figure IV-34: La circulation intérieure (R+1).	80
Figure IV-35: Coupe longitudinale.	80
Figure IV-36: Coupe transversale.	80
Figure IV-37: présentation des salles de classe pour les deux entités.	81
Figure IV-38 : les espaces intérieurs(RDC).	82
Figure IV-39 : Les espaces intérieurs (R+1).	82
Figure IV-40: Plan de toiture +les aspects environnementaux.	83
Figure IV-41: Des vues sur façade Ouest.	84
Figure IV-42: Des vues sur la façade Sud.	85
Figure IV-43 : Des vues sur la façade Nord.	86
Figure IV-44: Des vues sur façade Est.	87

Chapitre V: Etude technique.

Figure V-1 : Structure poteaux-poutres.	89
Figure V-2: Structure de noyau centrale.	89
Figure V-3: Détail d'une dalle pleine.	90
Figure V-4: Plan de structure.	90
Figure V-5: les joints de dilatation.	91
Figure V-6: Couvre de joint.	91
Figure V-7: les étapes de production de BTCS.	91
Figure V-8: Bloc de terre comprimé et stabilisé.	92
Figure V-9: Mur intérieur en BTCS.	92
Figure V-10: les gammes des couleurs.	92
Figure V-11: présentation des classes avec différent couleur.	94
Figure V-12: Murs soumis aux salissures.	94
Figure V-13: L'impact des couleurs sur la taille du local.	94
Figure V-14: des exemples sur l'impact des couleurs sur les locaux.	94
Figure V-15: Revêtement de sol.	95
Figure V-16: Double vitrage peu émissif.	96
Figure V-17: Menuiserie en bois.	96
Figure V-18: Vitre coloré.	96
Figure V-19: Vitrage feuilleté de sécurité.	97
Figure V-20: Fonctionnement de serre.	98
Figure V-21: Fonctionnement de façade double peau.	98
Figure V-22: Moucharabieh au niveau de façade Sud.	99
Figure V-23: panneaux photovoltaïque intégré.	99
Figure V-24: Les types de toiture végétalisé.	99
Figure V-25: Les composants d'un toit végétalisé.	100
Figure V-26: Pavé vert écologique.	101
Figure V-27: L'intégration des extincteurs d'incendie.	101

Partie VI: Evaluation de simulation confort thermique.

Figure VI-1: Différents modes de transfert de chaleur.	105
Figure VI-2: La température des surfaces environnantes.	107
Figure VI-3: Les paramètres affecter le confort thermique.	107
Figure VI-4: Impact de la forme et la compacité sur le confort thermique. ...	108
Figure VI-5: Les facteurs liés au bâti affecter le confort thermique.	108
Figure VI-6: Vue sur la serre bioclimatique.	110
Figure VI-7 : Le fonctionnement d'une serre bioclimatique.	111
Figure VI-8: logiciel Energyplus.	113
Figure VI-9: Positionnement de cas d'étude.	113
Figure VI-10: Vue 3D sur le cas d'étude.	114
Figure VI-11: Les paramètres de simulation.	115
Figure VI-12: Location et les données climatiques de Laghouat.	115
Figure VI-13: les matériaux et les composants de construction.	116
Figure VI-14: Les coordonnées des éléments de construction.	117
Figure VI-15: les étapes de ventilation naturelle.	118
Figure VI-16 : Graphe Période hivernale sans serre et BTCS.	119
Figure VI-17: Graphe Période hivernale avec serre et BTCS.	120
Figure VI-18: Graphe Période estivale avec serre fermée.	121
Figure VI-19: Graphe Période estivale avec ventilation nocturne.	122
Figure VI-20: schéma explicatif es techniques selon les périodes.	123
Figure VI-21: Schéma dans la période hivernale.	123
Figure VI-22: Schéma explicatif de ventilation nocturne dans la période estival.	123
Figure VI-23: Graphe d'une Comparaison entre les résultats période hivernale.	124
Figure VI-24: Graphe d'une Comparaison entre les résultats période estivale.	124

Liste des tableaux :

Chapitre V : Etude technique.

Tableau V-1: Comparaison entre les revêtements de sol.	95
Tableau V-2: Les types des vitrages.	95
Tableau V-3: Les types de menuiserie.	95

Partie VI: Evaluation de simulation confort thermique.

Tableau VI-1: Résistance thermique selon l'habillement.	106
Tableau VI-2: Dégagement de chaleur selon l'activité.	106
Tableau VI-3: Les paramètres d'étude. Source : Auteurs.	114
Tableau VI-4: les matériaux utilisés. Source : Auteurs.	114
Tableau VI-5: les composants de construction. Source : Auteurs.	116

Introduction générale

Introduction :

La dimension environnementale représente un facteur majeur dans le domaine du bâtiment ; au niveau de la conception, la réalisation et l'exploitation. Elle donne l'intérêt à l'interaction entre le bâtiment et son environnement et aux conditions de confort intérieur. Celles dernière sont liées aux caractéristiques des usagers et à la nature des activités exercées.

Les caractéristiques de produit architectural est un paramètre déterminant de la qualité de confort intérieur. De ce fait, toute conception réussite doit pris en considération les principes de conception, les matériaux de construction, les techniques et stratégies adoptées et la source d'énergie appropriées à son environnement.

Pour les écoles le rapport de l'environnement et les conditions de confort prennent plus d'importance, parce qu'elles doivent présenter un foyer favorable aux élèves, pour deux raisons, la spécificité des conditions nécessaires pour l'enfant et pour l'activité d'apprentissage.

Dans un souci d'insertion harmonieuse ; la conception des bâtiments en général et les établissements éducatifs en particulier doit prendre en considération les aspects de la durabilité; s'adapter et s'intégrer avec leur milieu.

Problématique :

L'éducation constitue un droit social, universel et fondamental des personnes et des peuples. Cette importance accordée à l'éducation et l'apprentissage entraîne forcément un intérêt pour les espaces abritant les activités y afférentes, qui doivent fournir des conditions favorables. Ces conditions ne se limitent pas aux celles dimensionnelles, mais elles les dépassent aux normes de santé et de sécurité qui garantissent la protection des élèves et qui offrent un accueil et un équipement de qualité.¹

Un environnement confortable exige plusieurs paramètres, parce que l'homme en général et l'enfant en particulier, qui est en stade de croissance physique et mentale, ne peut pas passer au stade de la performance intellectuelle dans des conditions

¹ Source : Organisation mondiale de santé, OMS., (1999). Rayonnement solaire et santé humaine, L'excès de soleil est dangereux. Aide-mémoire N° 227, août Source : <http://www.who.int/html>).

environnementales défavorables². Ces conditions se résument aux celles de confort thermique, visuel, acoustique et à la qualité de l'air intérieur, qui ont un impact direct sur le bien-être et l'exécution des tâches scolaires.

En Algérie, la standardisation des projets prototypés d'établissements scolaires à adapter aux différents sites, engendre un impact négatif sur l'environnement extérieur et un inconfort intérieur et une consommation irrationnelle et excessive des énergies conventionnelles non renouvelables.

Cette dernière décennie la ville de Laghouat, comme toutes les villes algériennes, connue une croissance urbaine avec la création de plusieurs quartiers résidentiels. Ces quartiers nécessitent une série des infrastructures d'accompagnement, et essentiellement celles destinées à l'éducation des enfants de cycle maternel et primaire. Ce besoin mène à poser la question suivante :

Comment reprendre à l'insuffisance des infrastructures destinées au cycle maternel et participer à l'amélioration de la qualité des écoles primaires ?

Comment peut-on concevoir un projet d'un groupement scolaire qui pourrait fournir un environnement confortable pour la fonction d'apprentissage et assurer le bien-être de ses usagers ?

Un projet d'un groupement scolaire qui rassemble le cycle maternel et primaire pourrait servir à l'amélioration du rendement des enfants et des élèves par l'exploitation équitable de leurs capacités.

De point de vue climatique , tel que de Laghouat, caractérisé par un ciel clair, un ensoleillement intense et une température élevée en été et base en hiver, Ce climat nécessite une forme compacte pour diminuer la déperdition thermique, une orientation nord/sud afin de contrôler la qualité de lumière naturelle, l'utilisation des couleurs claires pour la réflexion des rayons solaires et l'utilisation des matériaux isolants et de haute inertie thermique pour contrôler la transmission de chaleur. Ainsi, l'exploitation des rapports solaires avec effet de serre pour le chauffage passif et les systèmes de ventilation et rafraichissement naturels aident à conserver la

² Source : (René, Vittone., (1996). Bâtir, manuel de la construction. presses polytechniques et universitaires Romandes, première édition.)

température intérieure dans la marge de confort pendant les heures de travail. Afin de vérifier ces solutions, on pose les hypothèses suivantes :

L'hypothèse :

➤ La conception d'un groupement scolaire (école maternelle et primaire), avec la prise en considération de la dimension environnementale, en se basant sur les principes et les techniques appropriés pourrait créer un environnement intérieur adéquat.

Les sous hypothèses :

- Une orientation nord-sud pourrait assurer des conditions de confort pendant toute la période de scolarisation, qui s'étale de septembre à mai.
- Le chauffage passif avec l'exploitation de l'effet de serre au niveau du corridor pourrait aider à rattraper la marge de confort thermique.
- L'utilisation du corridor comme espace tampon pourrait diminuer les risques d'éblouissement et la pénétration gênante des rayonnements solaires à l'intérieur des salles de classe.
- L'orientation nord-sud des fenêtres des salles de classe équipées avec des dispositifs de contrôle solaire pourrait faciliter la maîtrise de l'environnement lumineux à l'intérieur des salles de classe.
- L'utilisation des matériaux isolant et à haute inertie thermique dans les parois pourrait améliorer ses caractéristiques thermiques et par extension la performance énergétique des salles de classe.

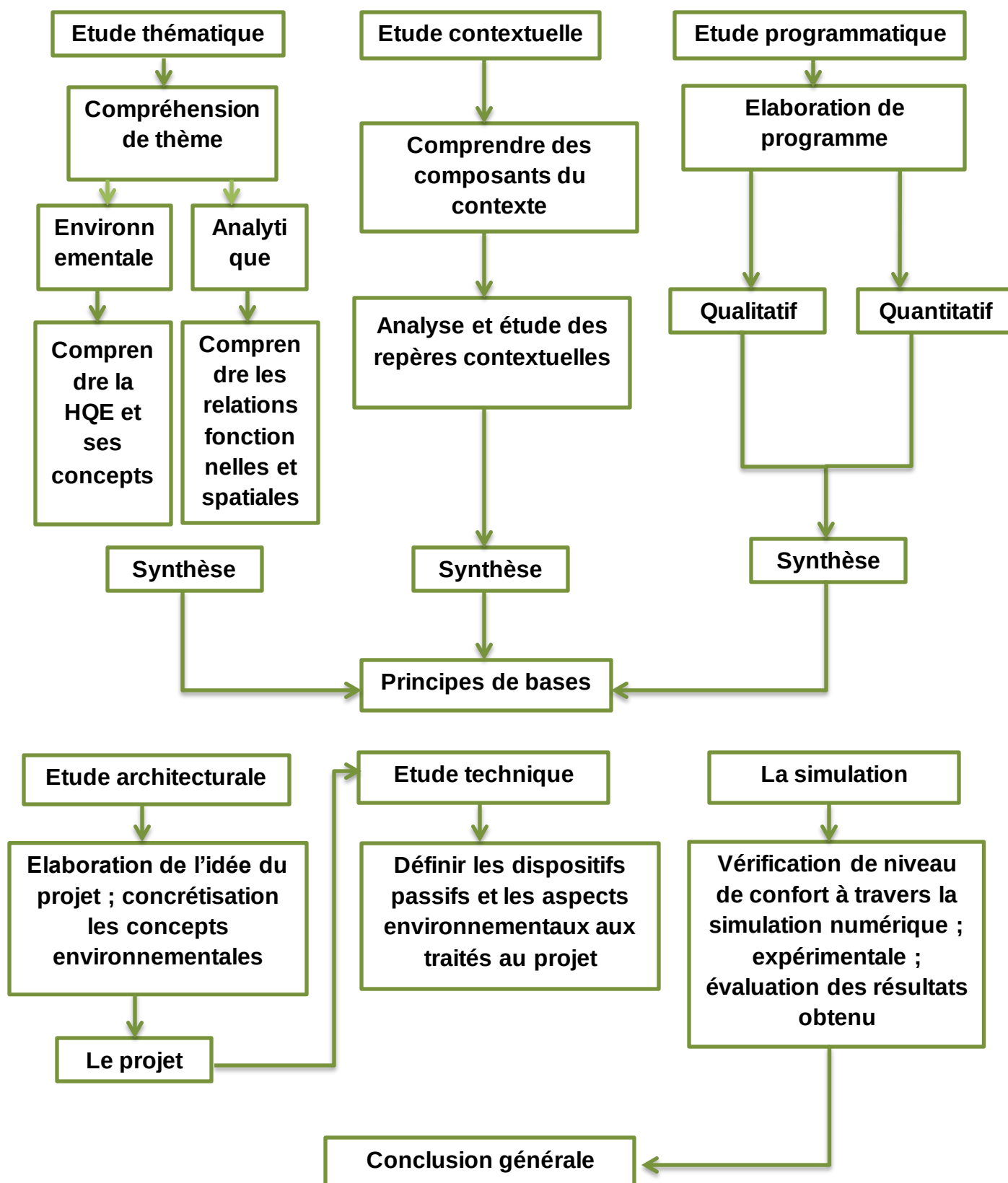
Les objectifs :

A travers ce travail on souhaite arriver aux objectifs suivants :

- concevoir un groupement scolaire (primaire et maternelle) adéquat avec les principes et techniques appropriés aux zones arides.
- Découvrir les conditions du confort nécessaires pour l'enfant et l'élève.

Structure de mémoire :

Afin d'atteindre les objectifs de ce travail, il a été effectué un travail qui se structure en deux axes. Le premier axe est destiné à la recherche théorique et l'analyse contextuelle, le deuxième c'est la conception architecturale et à la vérification de conditions de confort par simulation numérique.



Méthodologie de travail :

Afin de répondre à ces objectifs, l'étude s'est attelée à confirmer ou à infirmer ces hypothèses à travers une structuration de la recherche qui va s'articuler autour de deux parties :

Une 1ère partie théorique : elle consiste en une recherche bibliographique et documentaire scindée en trois chapitres ayant pour objectif de cerner et de comprendre tous les éléments théoriques de base en rapport avec le sujet de recherche contribuant à la canalisation de la présente étude vers les objectifs ciblés.

Une 2ème partie pratique : concerne cette partie, on va faire une programmation quantitative et qualitative d'après l'analyse contextuelle et des vérifications de confort thermique et visuel par des logiciels tels que EnergyPlus et Ecotect et Radiance.

Etude thématique

I. Introduction :

La première phase de notre traitement du sujet de recherche sera consacrée principalement à la partie théorique de l'étude thématique. Il s'agit de mettre en exergue la lumière sur les théories et les notions des concepts liées d'une part à la conception environnementale et d'autre part à l'école maternelle qui vont être nous servir dans l'élaboration du projet. Second lieu, d'analyser des exemples des écoles afin de découvrir les exigences genre des établissements scolaires.

I.1. Définitions liées à l'environnement :

I.1.1. Architecture et environnement :

L'architecture est l'art majeur de concevoir des espaces et de bâtir des édifices, en respectant des règles de construction, ainsi que des concepts esthétiques, en y incluant les aspects sociaux et environnementaux liés à la fonction de l'édifice et à son intégration dans son environnement.³

Jean Renaudie, « *L'architecture est la forme physique qui enveloppe la vie des hommes dans toute la complexité de leurs relations avec leur milieu* ».

I.1.2. Développement durable :

On a pris conscience que le développement des modes de vie, de production et consommation, est incompatible à long terme avec la survie de notre milieu. Mais qui soit durable, c'est-à-dire « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».⁴

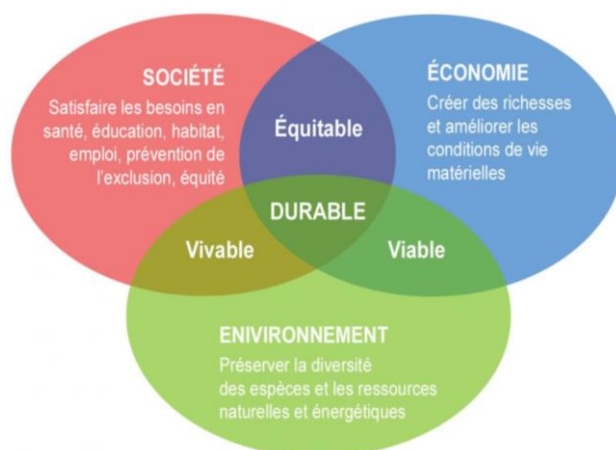


Figure I-1: les piliers de développement durable

(Source : <http://www.moissonsnouvelles.fr>)

I.1.3. Architecture durable :

Une pratique qui a pour objectifs de réduire l'impact négatif d'un bâtiment sur son environnement et de prendre soin de la qualité de vie des utilisateurs.⁵

³ Source : <http://fstech.univ-guelma.dz/en/node/114>. Faculty of science and technology 8mai 1945Guelma

⁴ Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ; Alain Liébard et André De Herde ; éditeur : Observ'ER ; page : 316a.

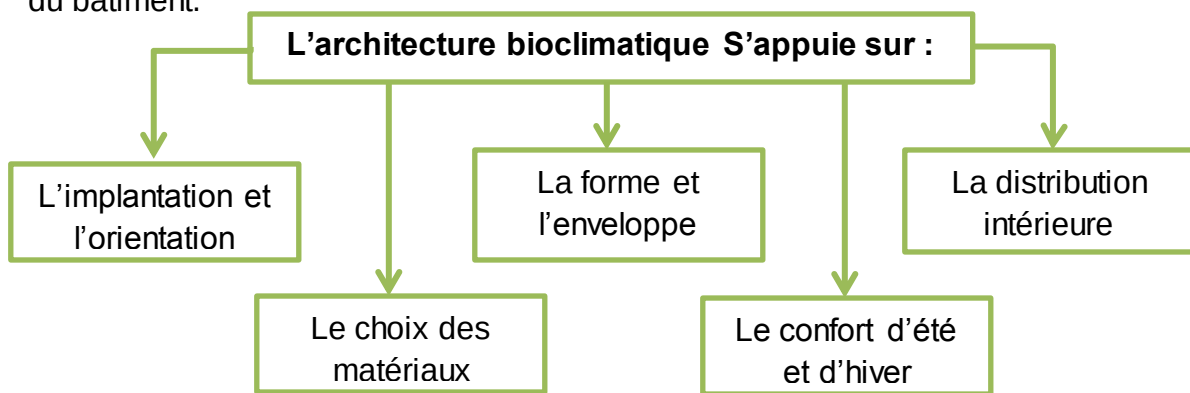
⁵ Source : <https://www.architecte-batiments.fr>

I.1.4. Architecture écologique :

Est un mode de conception et de réalisation ayant pour préoccupation de concevoir une architecture respectueuse de l'environnement et de l'écologie.⁶

I.1.5. Architecture bioclimatique :

Une conception bioclimatique d'un bâtiment vise à optimiser l'utilisation des apports solaires et de la circulation naturelle de l'air, limitant ainsi le recours au chauffage et à la climatisation. Elle valorise les avantages du terrain (orientation du bâtiment), l'orientation des pièces, les surfaces vitrées, l'inertie du bâtiment.⁷



I.1.5.1 Les principes de base :

Pour la conception bioclimatique doit être capable de satisfaire les principes suivants :

- Minimisation les pertes énergétiques : la compacité du volume ; réduire les vitres sur les façades exposées au froid.
- Privilégier les apports thermiques naturels et gratuits : stockage de chaleur ; les vitres sur les façades exposées au soleil.
- Les apports de lumière naturelle : intégration d'éléments bien positionnés ; choix des couleurs.
- Privilégier le rafraîchissement naturel : protections solaires ; ventilation naturelle.
- Choix réfléchi des modes de chauffage :
- Choix réfléchi des matériaux : du point de vue de leur cycle de vie ; leur bilan carbone.

⁶ Source : <http://bstrconstruction.com/eco-construction>

⁷ Source : www.o-immobilierdurable.fr/glossary/bioclimatique/

- Gestion d'eau : minimiser la dépense ; valorisation de l'eau disponible.

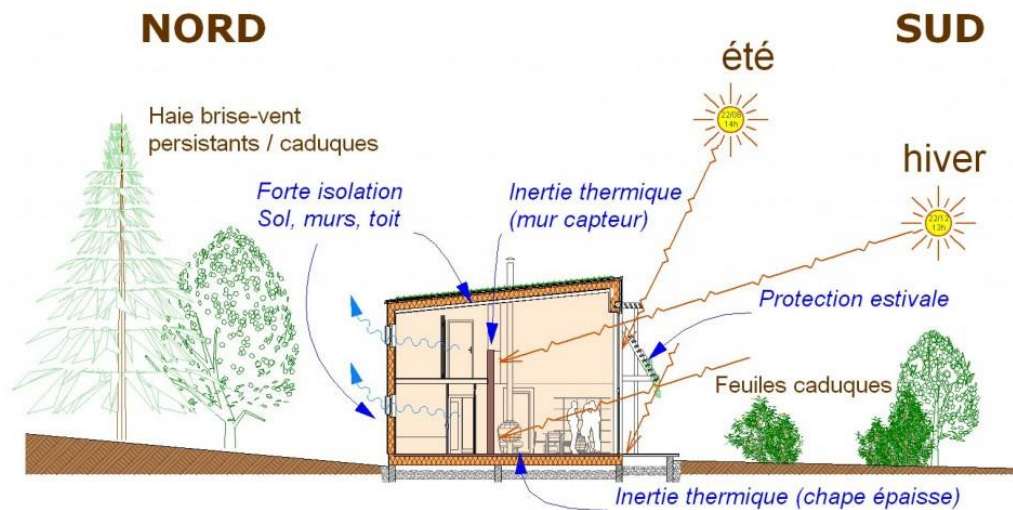


Figure I-2: Les principes de base

(Source : architectureverte.fr)

I.1.5.2 Les stratégies de l'architecture bioclimatiques :

1. Stratégie de chaud (en hiver) :

- ❖ Capter : l'énergie solaire gratuite à travers les surfaces vitrées orientées au sud.
- ❖ Stocker : dépend de l'inertie thermique des matériaux.
- ❖ Distribuer : assurer par la convection et le rayonnement pour rétablir la chaleur emmagasinée.
- ❖ Se protéger : du froid, en isolant l'enveloppe extérieure du bâtiment et en minimisant les ouvertures subissant les vents froids au nord.
- ❖ Conserver : l'énergie accumulée à l'intérieur de l'habitat en recherchant la meilleure capacité d'accumulation dans les matériaux utilisés (inertie thermique).

2. Stratégie de froid (en été) :

- ❖ Occulter : se protéger de l'ensoleillement direct en rapportant un écran pare-soleil ou un écran de végétation caduque.
- ❖ Minimiser : les apports internes de chaleur par le degré d'inertie des parois.
- ❖ Aérer/ Ventiler : dissiper la chaleur excessive accumulée à l'intérieur de l'habitat en ventilant la nuit.

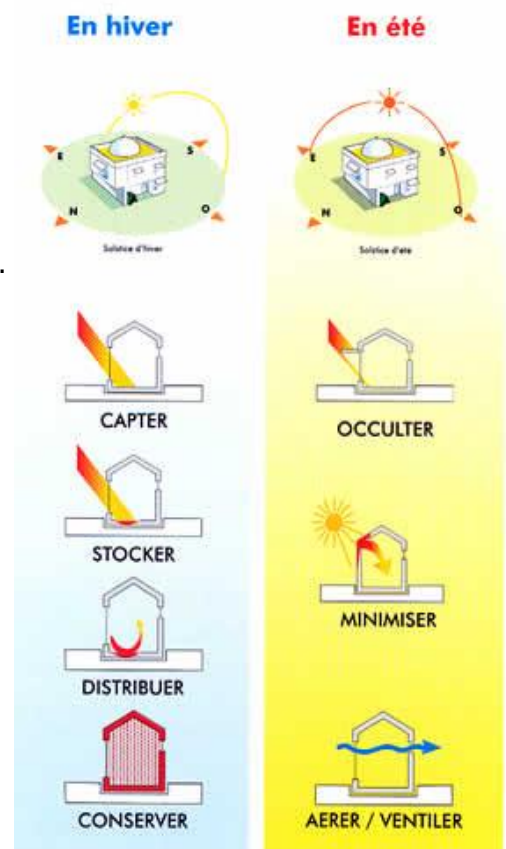


Figure I-3: les stratégies bioclimatiques

(Source : <http://www.triskeline.fr>).

- ❖ Refroidir naturellement l'air : par l'utilisation de plans d'eau extérieurs.

3. La stratégie de l'éclairage naturel :

- ❖ Capter : la quantité de lumière captée dans un local qui est transmise par les vitres.
- ❖ Pénétrer : la pénétration de la lumière produit des effets de lumière très différents.
- ❖ répartir : la lumière se réfléchit d'autant mieux sur l'ensemble de surfaces intérieures des locaux.
- ❖ protéger et contrôler : la lumière naturelle peut être une cause de gêne visuelle, elle peut se contrôler par des éléments fixes au mobiles (surplombs; lightshelves; volets).
- ❖ Focaliser : il est parfois nécessaire de focaliser l'apport de lumière naturelle pour mettre en valeur un lieu ou valeur particulier.⁸

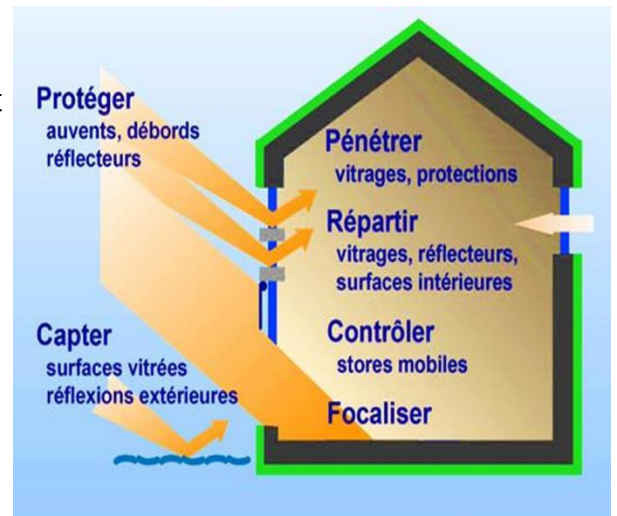


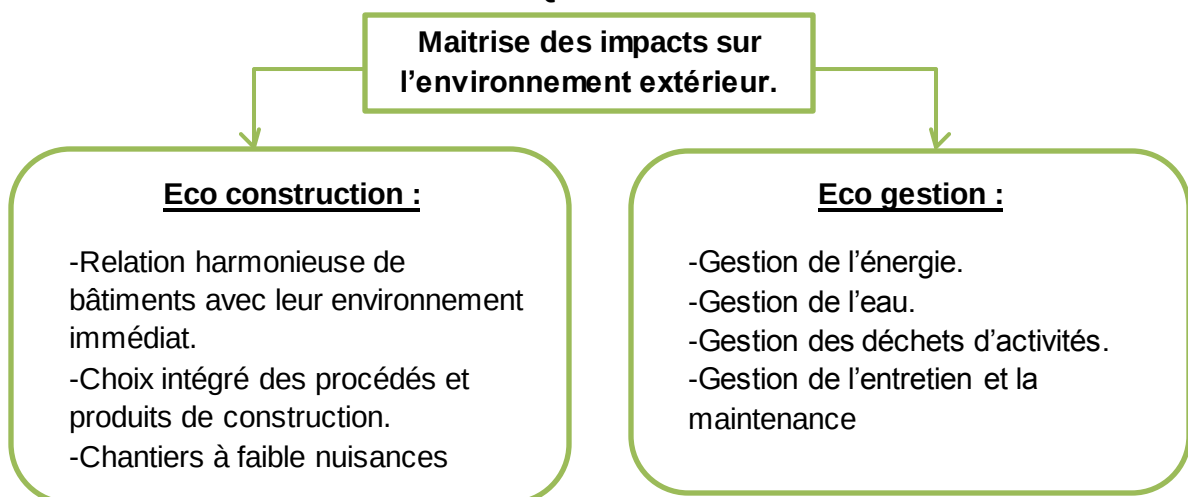
Figure I-4: Stratégie de l'éclairage naturel

(Source : www.jan-maison-passive.com)

I.1.6. La haute qualité environnementale :

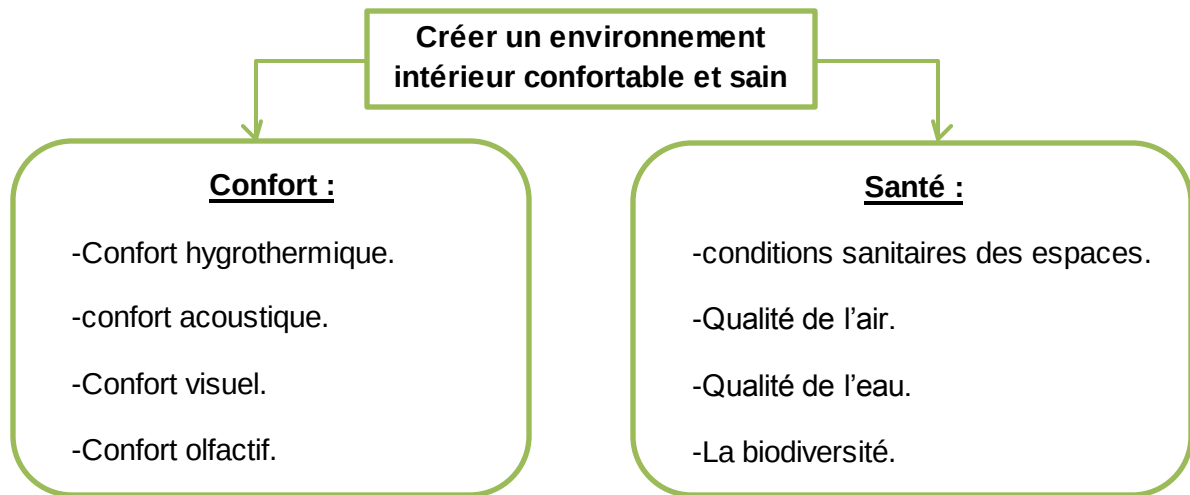
Une démarche volontaire qui a pour objectifs de maîtriser les impacts du bâtiment sur l'environnement extérieur et de créer un environnement intérieur sain et confortable. Elle s'agit d'une réponse opérationnelle à la nécessité d'intégrer les critères du développement durable dans l'activité du bâtiment.⁹

I.1.6.1 Les cibles de HQE :



⁸ Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ; Alain Liébard et André De Herde ; éditeur : Observ'ER ; page : 316a.

⁹ Source : <https://studylibfr.com/doc/824938/la-d%C3%A9marche-haute-qualit%C3%A9-environnementale>



I.2. Définitions liées au thème :

Créer un cadre facilitant les processus enseignement et apprentissage en améliorant la qualité des bâtiments scolaires et, les conséquences qui en découlent sont d'assurer le bien être la sécurité des occupants, de permettre une meilleure condition de travail, d'améliorer l'accessibilité physique de tous les enfants dans les écoles.¹⁰

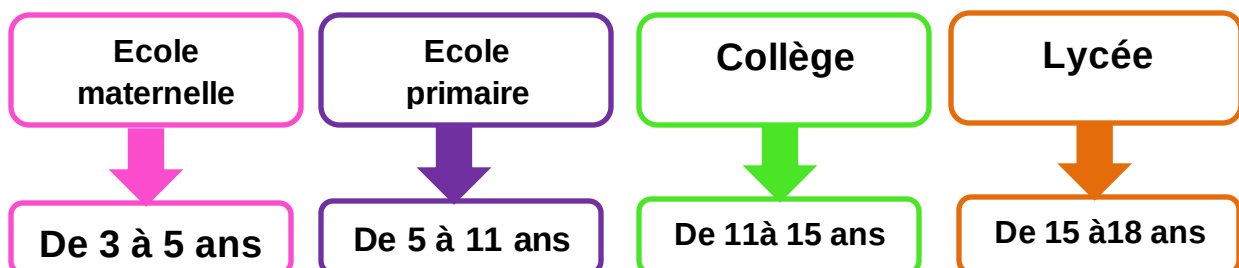
I.2.1. Education :

Art de former une personne, (un enfant ou un adolescent), en développant ses qualités physiques, intellectuelles et morales, de façon à lui permettre d'affronter sa vie personnelle et sociale avec une personnalité suffisamment épanouie.¹¹

I.2.2. Etablissement scolaire :

Un ensemble des locaux où se donne un enseignement permettant d'accueillir des étudiants afin de leur dispenser un enseignement de façon collective.¹²

I.2.2.1 Les différentes catégories des établissements scolaires :



Qui nous intéresse dans ces catégories c'est l'école maternelle et primaire.

¹⁰ Source : Normes de construction des bâtiments scolaires (ministère de l'éducation nationale et la formation professionnelle) juin 2013 p.2

¹¹ Source : <http://www.cnrtl.fr/definition/education>

¹² Source : <http://www.hygiene-publique.gov.pf/spip.php?article50>

I.2.2.2 La configuration spatiale des établissements scolaires :¹³

Deux types de configuration spatiale ont été développés : un système linéaire et autre compact avec la possibilité de combiner les deux types.

Les plans des établissements scolaires ont identifié les 7 typologies suivantes :

Type 1 : plan de rangée linéaire de salles de classe le long d'un corridor unique latéral.

Type 2 : plan de couloir linéaire central avec salles de cours de chaque côté.

Type 3 : plan de deux ensembles de type 1 avec un espace ouvert intermédiaire ;

Type 4 : deux ensembles de plans de type 1 en forme de « L » disposés autour d'une cour.

Type 5 : plan de type 1 en forme de « U ».

Type 6 : plan de type 1 en forme de « L ».

Type 7 : deux ensembles de plans type 1 avec un espace de transition couvert.

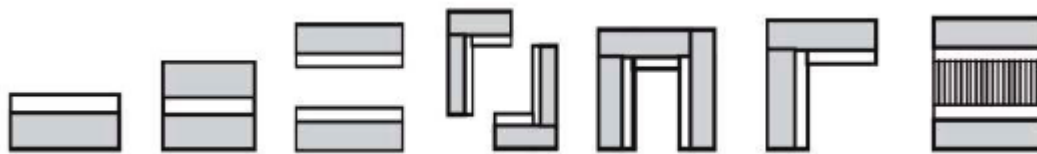


Figure I-5: Typologies des établissements scolaires

Source : (Da Graça V.A.C, Kowaltowski D. C.C.K, Petreche J.R.D, 2007)

Alessandro R., en se basant sur l'analyse des morphologies et des organisations spatiales des bâtiments scolaires, a élaboré les différentes typologies en Europe.

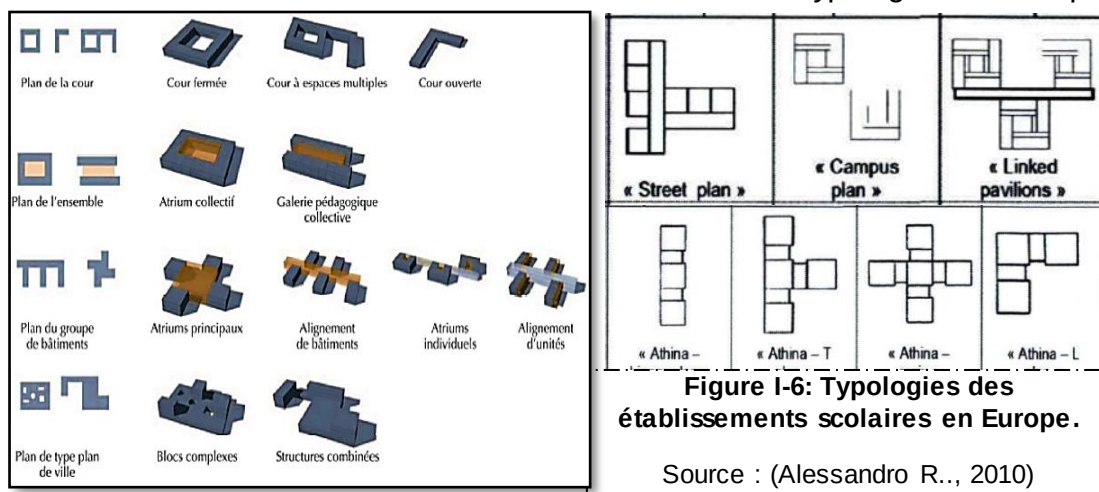


Figure I-6: Typologies des établissements scolaires en Europe.

Source : (Alessandro R., 2010)

¹³ Source : Mémoire de Magistère ; Etude du confort thermique des salles de cours à différentes typologies ; Saddok Amel ; université de Tizi ousou p 38_40.

I.2.3. Groupe scolaire :

Est un établissement qui accueille, à la fois, des enfants de niveau maternel ET élémentaire. Les deux niveaux se trouvent au sein d'un même établissement qui est dirigé par une seule personne.¹⁴

Est un établissement d'enseignement primaire, comprenant à la fois les classes de maternelle (petite, moyenne et grande sections) et d'élémentaire sous une direction commune.¹⁵

I.2.4. Ecole :

Une école est un établissement où l'on accueille des individus appelés « écoliers » afin que des professeurs leur dispensent un enseignement de façon collective. Le mot école vient du latin schola, signifiant « loisir consacré à l'étude ». ¹⁶

I.2.5. Ecole maternelle :

C'est une école où les enfants vont apprendre ensemble et vivre ensemble. Ils y développent leur langage oral et commencent à découvrir les écrits, les nombres et d'autres domaines d'apprentissage. Ils apprennent en jouant, en réfléchissant et en résolvant des problèmes, en s'exerçant, en se remémorant et en mémorisant.¹⁷

I.2.5.1 Le rôle de l'école maternelle :

- ❖ Une étape essentielle du parcours des élèves pour garantir leur réussite scolaire. Sa mission principale est de donner envie aux enfants d'aller à l'école pour apprendre, affirmer et épanouir leur personnalité.
- ❖ Un lieu d'apprentissage et un lieu de sociabilité et d'échanges.¹³



Figure I-7: salle maternelle

(Source : <http://www.sainte-thecle.com>)

I.2.6. Ecole primaire :

Est l'école qui accueille les enfants à partir de six ans, âge auquel commence l'instruction obligatoire. L'école élémentaire représente pour beaucoup d'entre eux la suite de la maternelle, avec laquelle elle forme l'école dite primaire.¹⁸

¹⁴ Source : [/www.debetiseur.com](http://www.debetiseur.com).

¹⁵ Source : L'encyclopédie libre Wikipédia.

¹⁶ Source : <https://educalingo.com/fr/dic-fr/scolarite>

¹⁷ Source : Ministère de l'éducation nationale www.education.gouv.fr

¹⁸ Source : L'encyclopédie librefr.wikipedia.org

I.2.6.1 Salle de classe :

C'est un lieu d'enseignement pédagogique où les élèves d'une école suivent leurs cours et les exercices scolaires.¹⁹



Figure I-8:salle de classe

(Source : www.podcastfrançaisfacile.com)

I.2.6.2 Les formes des salles de classe :

Chaque salle de classe doit être si possible carrée, exceptionnellement rectangulaire où une forme régulière faire leur fonction de 65 à 70m² (environ 2m² x2,20m²/élève) avec un ameublement libre ou réglé.²⁰

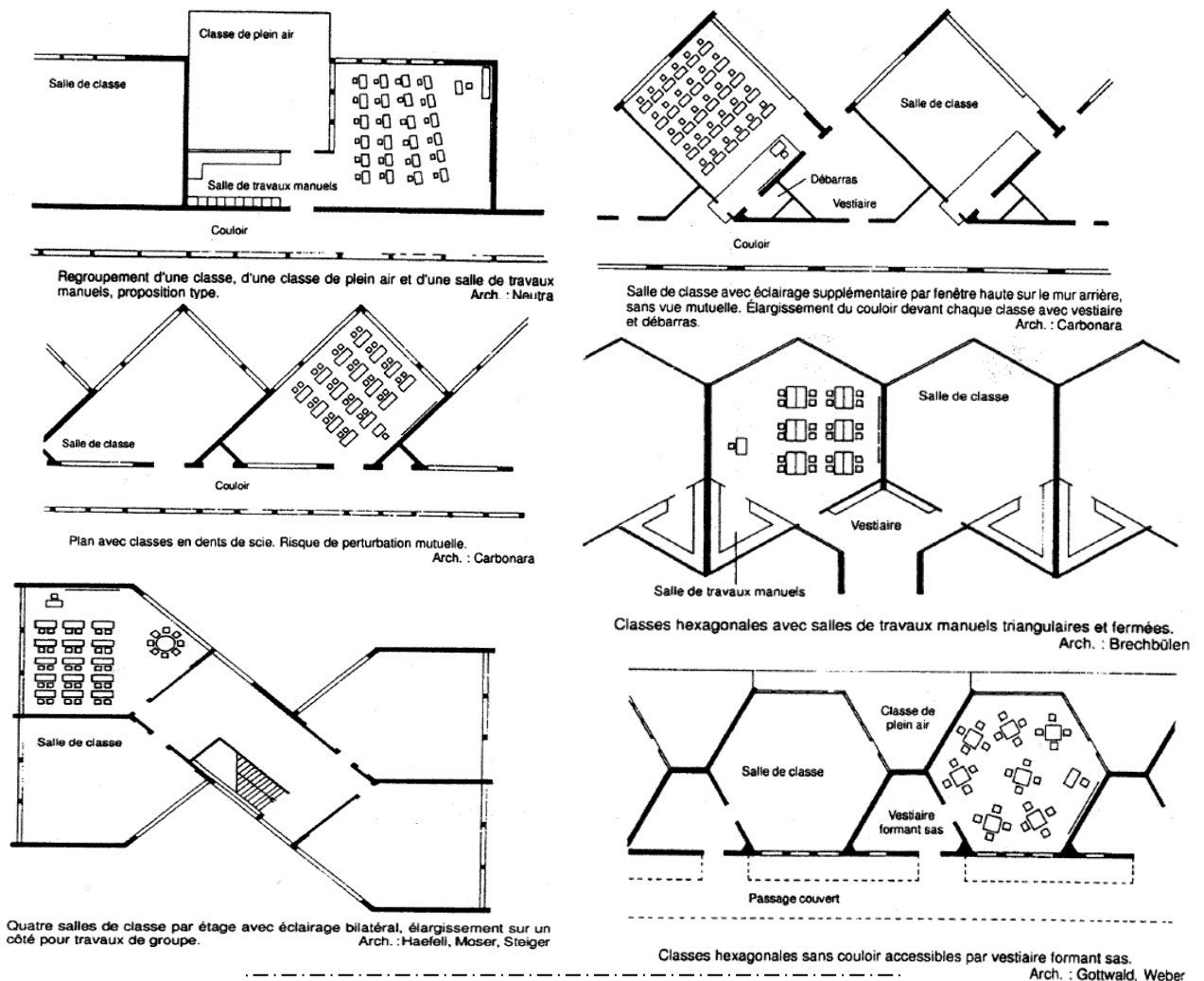


Figure I-9: Les formes des salles de classe

(Source : Les éléments des projets de constructions)

¹⁹ Source : Dictionnaire libre Wiktionnaire

²⁰ Source : Les éléments des projets de constructions ; Neufert ; 8 éme éditions ; p324.

I.3. Analyse des exemples :

Pour mieux comprendre et avoir des idées et des techniques sur les écoles primaire et maternelle; il est important de procéder à l'étude des projets similaires existants à analyser selon les critères fonctionnels ; environnementales et lier au climat.

I.3.1. Exemple 01 : Ecole maternelle Grézieu-la-Varenne.

I.3.1.1 La fiche technique :

- Nom : Grézieu-la-Varenne
- Situation : Ouest Lyon ; France.
- Capacité : 330 enfants
- Surface : 1810 m²
- Architecte: Tekhnê architectes.
- Année de réalisation : 2018.
- Style : contemporain.
- Climat : océanique hiver tempéré et été chaud.



Figure I-10:Ecole maternelle Grézieu la varenne.

(Source : www.construction21.org/france)

I.3.1.2 Situation :

Le projet est situé dans la ville de Grézieu la varenne dans l'ouest de Lyon de la France.

Le milieu : urbain à un caractère résidentiel.

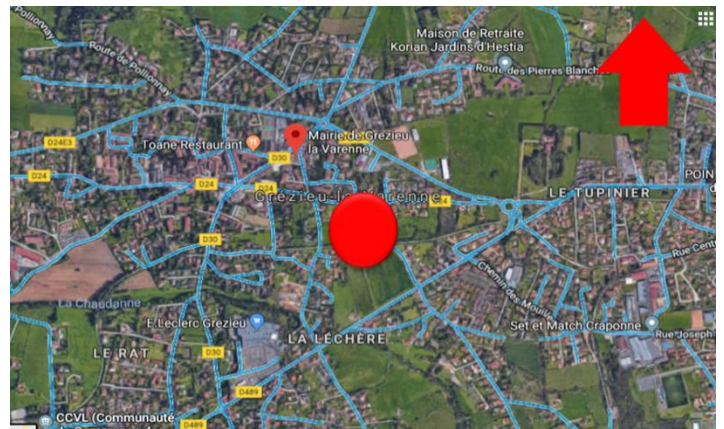


Figure I-11: situation de l'école maternelle.

(Source : Google Earth.)

I.3.1.3 Accessibilité et les axes mécaniques :

Le projet est accessible à travers deux axes structurants mécaniques (chemin des voyageurs et voie verte)

La forme de terrain: trapézoïdale.

Surface de terrain : 10280 m².

❖ Voisinages :

Au nord par un terrain vierge.

À l'Est par les habitats individuels.

Au sud par un terrain vierge et les habitats.

À l'ouest par une bande verte plus les habitats.

- Axe mécanique principale
- Axe mécanique secondaire
- Axe mécanique tertiaire



Figure I-12: L'accessibilité et les axes au projet

(Source : Google Earth.)

1.3.1.4 La méthodologie d'approche au projet :

1. Principe de conception à l'échelle du plan de masse :

Le projet possède trois accès :

Accès principal : à la partie calme au niveau de la façade opposée des axes mécaniques.

Accès administratif : au niveau de la façade postérieure exposée à la voie mécanique.

Accès de services : est un accès mécanique pour les services, relier avec la voie secondaire.

- Passage piéton
- Passage mécanique
- Passage vélo
- Entrée principale de bloc
- Entrée secondaire
- Entrée mécanique
- Parking 42 places
- Cour de récréation
- Jardin pédagogique
- Parking vélos



Figure I-13: Plan de masse du projet.

(Source : www.construction21.org/france)

Le bâtiment occupe le milieu du terrain avec un recul pour la sécurité des enfants et comme un espace de transition. Les espaces sont organisés d'une façon hiérarchique, les parkings puis le jardin et les espaces verts et enfin les blocs.

2. Répartition des blocs :

Le projet se compose par des blocs suivants :

Administration : situé à la façade postérieure.

Pédagogique : situé à la façade opposée (partie calme).

Restauration : près à l'axe mécanique.

Locaux techniques : près à l'axe mécanique et restauration.

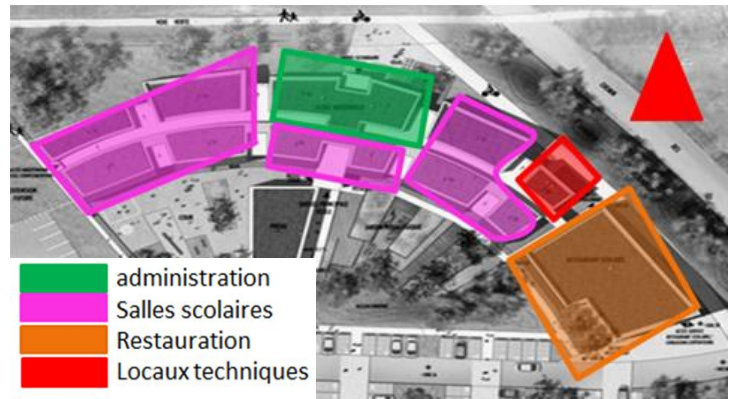


Figure I-14: Répartition des blocs.

(Source : www.construction21.org/france)

Les entités sont organisées selon la disposition des entrées et selon la hiérarchie des espaces extérieurs et la hiérarchie fonctionnelle des espaces intérieurs.

3. L'implantation et volumétrie :

Le bâtiment s'implante avec une orientation bio-contextuelle sur la base des orientations solaires, de la pente du terrain, et des vents dominants.

S'ouvrir au sud sur la cour, en arc de cercle, pour profiter de l'orientation bioclimatique, pour l'optimisation des apports solaires, la protection contre les vents du nord des espaces de récréations, une inscription dans la veine des vents nord-sud pour la ventilation naturelle traversant.

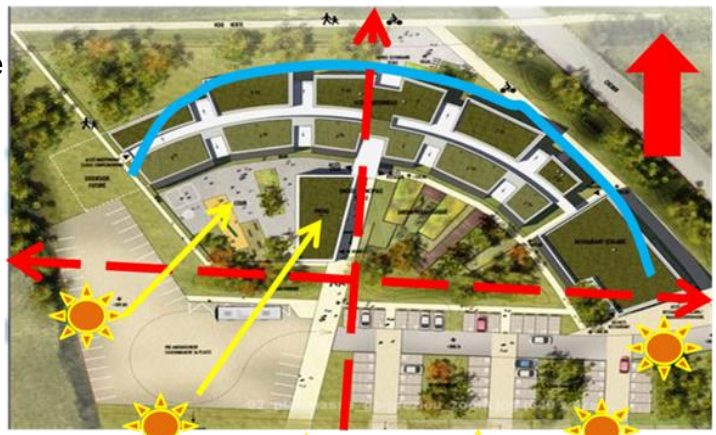


Figure I-15: Schéma explicatif d'implantation.

(Source : www.construction21.org/france)

❖ La volumétrie :

Le volume à l'échelle des enfants (pas monumentale) avec un seul niveau, tout en restant compact au niveau de l'enveloppe pour être performant énergétiquement et économique.

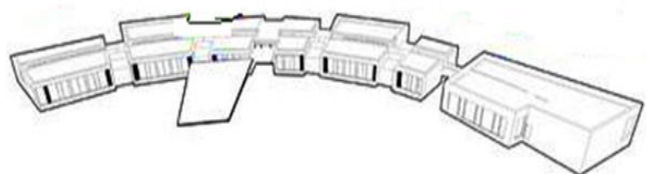


Figure I-16: La volumétrie de projet.

(Source : www.construction21.org/france)

I.3.1.5 Enveloppe extérieur et façades :

1. Façade Nord :

- Ossature en bois.
- Une simple façade avec des petites baies vitrées.
- Forme de toiture: plate végétalisée.
- Les niveaux : RDC.



Figure I-17: Façade Nord de l'école Grézieu.

(Source : www.construction21.org/france)

2. Façade Sud :

Une simple façade avec des grandes baies vitrées pour l'entrer de lumière avec protections solaires modulables (BSO).

La présence de couleur au niveau des brises solaires (rouge; verte; orange; jeune.)



Figure I-18: Façade Sud de l'école Grézieu.

Source : www.construction21.org/france)

I.3.1.6 Organisation intérieure spatiale :

1. Analyse des plans :

Organisation linéaire avec une distribution bilatérale à travers les couloirs, les vestiaires sont distribués linéairement entre chaque deux espace et perpendiculaire par rapport les couloirs pour gérer le flux des enfants.



Figure I-19: Plan d'organisation des espaces.

(Source : www.construction21.org/france)

2. Les espaces intérieurs :

Dans les espaces intérieurs le choix de couleurs selon la fonction d'espace au niveau des couloirs espace de circulation utilisation des couleurs chaudes qui aider au mouvement et de bougé. Par contre dans les salles utilisation des couleurs froides pour les enfants devient calme plus concentré.



Figure I-20: Les espaces intérieurs de l'école Gréziau.

I.3.1.7 Les aspects environnementaux :

- ☐ Systèmes techniques : Structure bois Sur isolation 30 cm en parois ; Plancher chauffant basse température.
- ☐ Choix de matériaux bio source pour réduire l'empreinte écologique du bâtiment.
- ☐ Salles largement éclairé naturellement avec protections solaires modulables (BSO).

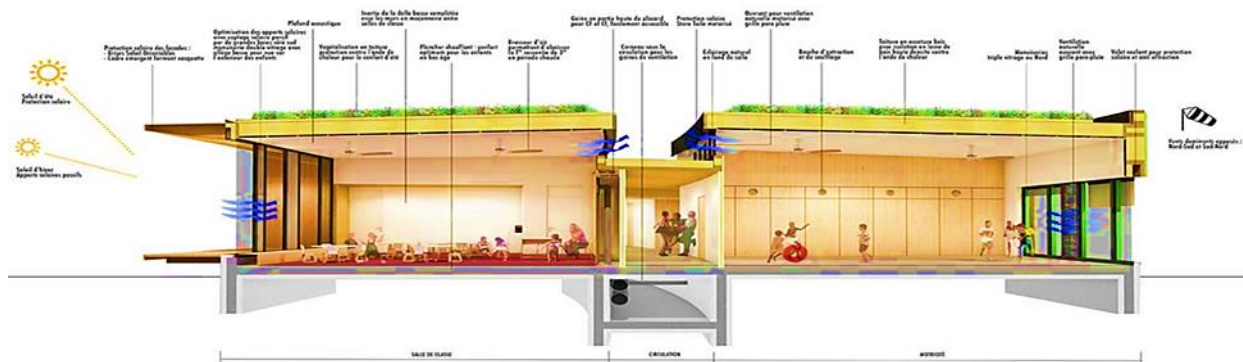


Figure I-21: Coupe explicative des techniques.

(Source : www.construction21.org/france)

- ☐ Récupération des eaux de pluies pour l'arrosage, noues et bassins de rétention pour la gestion des eaux pluviales sur la parcelle.
- ☐ Toitures végétalisées.
- ☐ Jardin pédagogique ; Espaces extérieurs en lien avec un corridor écologique (biodiversité).
- ☐ Confort performant par ventilation naturelle nocturne (ouvrants dédiés).

I.3.2. Exemple 02 : Ecole primaire et maternelle NIKI

I.3.2.1 Fiche technique :

Nom : Groupe scolaire NIKI

Architecte : Paul Le Querneq.

Situation : Saint-Denis ; paris ; France

Surface : 4800 m².

Livraison : 2015.

Climat : tempéré froid.



Figure I-22:Groupe scolaire NIKI.

(Source : www.lemoniteur.fr)

I.3.2.2 Situation :

Le projet est situé dans un milieu urbain dense au centre-ville de Saint-Denis –paris

Le milieu : urbain à vocation dominante résidentielle.

Les repères :

● Stade de France.

● Université de Paris 8.

● La grande mosquée la plaine saint Denis.

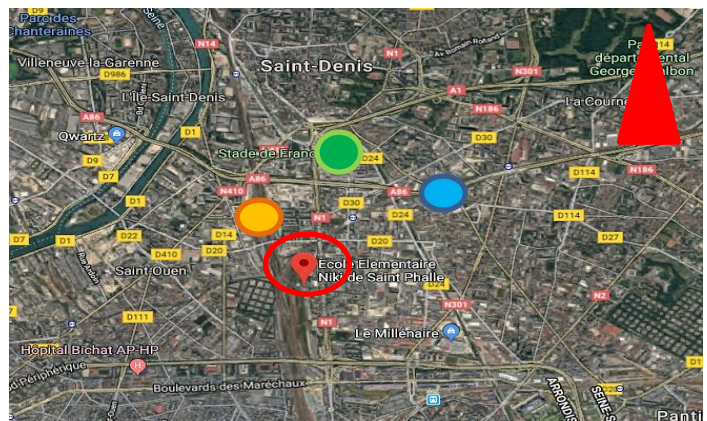


Figure I-23:Situation de l'école Niki.

Source : Google Earth

I.3.2.3 Accessibilité et axes mécanique :

Le projet est accessible à travers un avenue du président Wilson et par le chemin des petites Caillaux et limites par des voies tertiaires.

La forme de terrain : trapézoïdale.

Les voisinages : entouré par des habitats et au ouest par une verdure et chemin de fer ; au sud par des commerces.

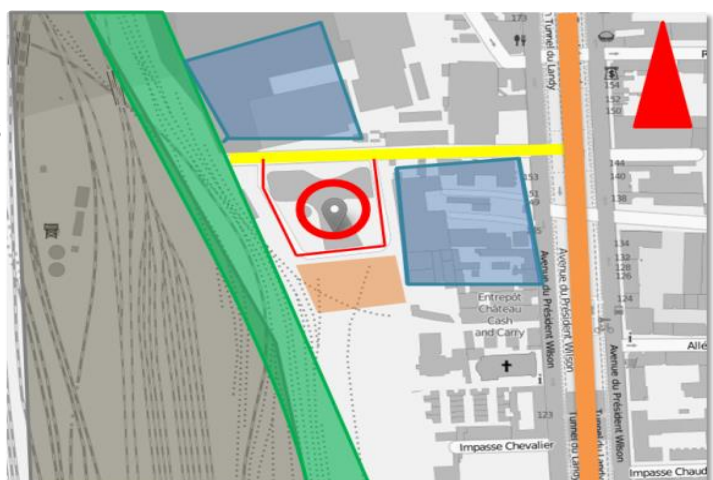


Figure I-24 : Accessibilité et axes au projet.

Source : Google Maps

I.3.2.4 La méthodologie d'approche au projet :

1. Principe de conception à l'échelle du plan de masse :

Le projet est composé par un seul bloc et implanté au milieu de terrain et entouré par deux cours de récréations et une esplanade au niveau de l'entrée principale comme un recule de sécurité.

plan de masse :

- 1- cour de récréation de l'école maternelle
- 2- cour de récréation de l'école élémentaire

- -Accès principale(piéton)
- - dépose minute (véhicule / vélos)
- -Accès de service cour maternelle
- -Accès de service cour élémentaire
- -accès service restauration
- -accès locaux poubelles et technique

Le projet possède par plusieurs accès :

Accès principale : près de l'esplanade.

Deux accès secondaires : vers les cours de récréation

Deus accès de service : près de restauration et les locaux



Figure I-25: Plan de masse de l'école Niki.

2. Répartition des blocs :

Le groupe scolaire compte trois ailes : au nord commence par une esplanade; à l'ouest entité maternelle ; à l'Est entité élémentaire ; au sud la cantine bordée de part et d'autre par des cours et au milieu de ces trois ailes situé le hall commun.

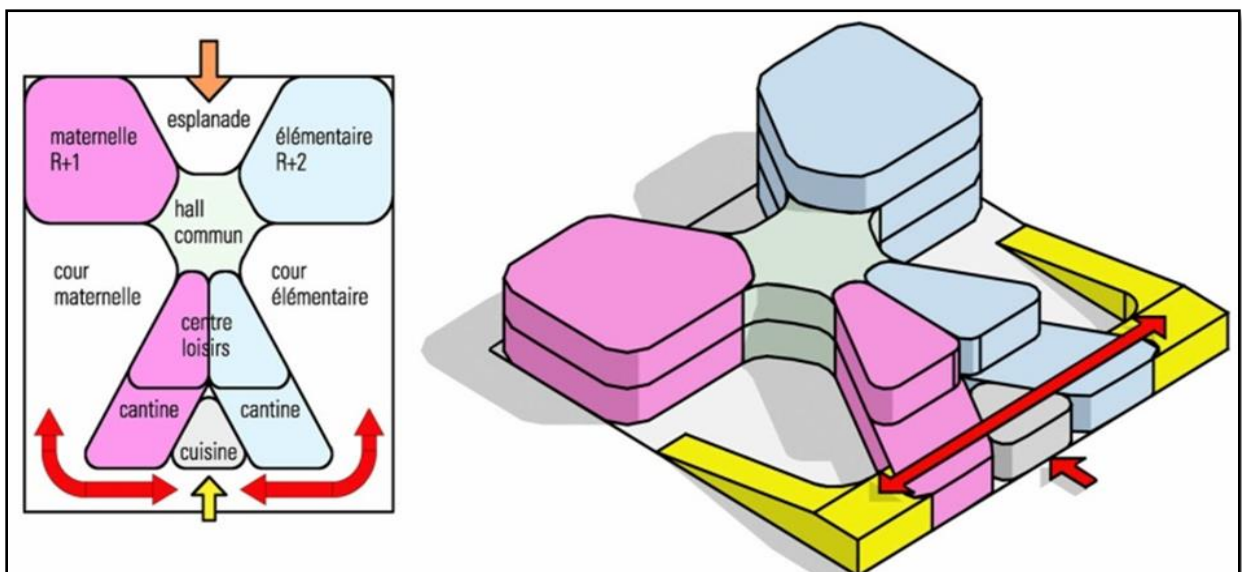


Figure I-26: Répartition des blocs.

(Source : www.archdaily.com)

3. L'implantation et volumétrie :

Le projet plante au milieu de terrain selon l'axe Nord –Sud. Avec un seul volume compact (monobloc) d'une forme de trèfle symétrique offre une bonne connexion entre l'intérieur et extérieur. Avec des variantes gabarits: RDC ; R+1 ; R+2.



Figure I-27: Le volume de projet.

Source : Archdaily.net

I.3.2.5 Enveloppe extérieur et façades :

Sur les façades sont fixés un bardage en bois à claire-voie composée par des tasseaux en bois de section hachurent les parois extérieures suivant un angle à 45 degrés. Les tasseaux sont constituant des grilles pour les fenêtres.



Figure I-28: Façade de l'école Niki.

Source : Archdaily.net

Dont les façades latérales sont peintes en vert et orange.

Utilisation des lignes courbée comme un élément de clôture orange et vert.

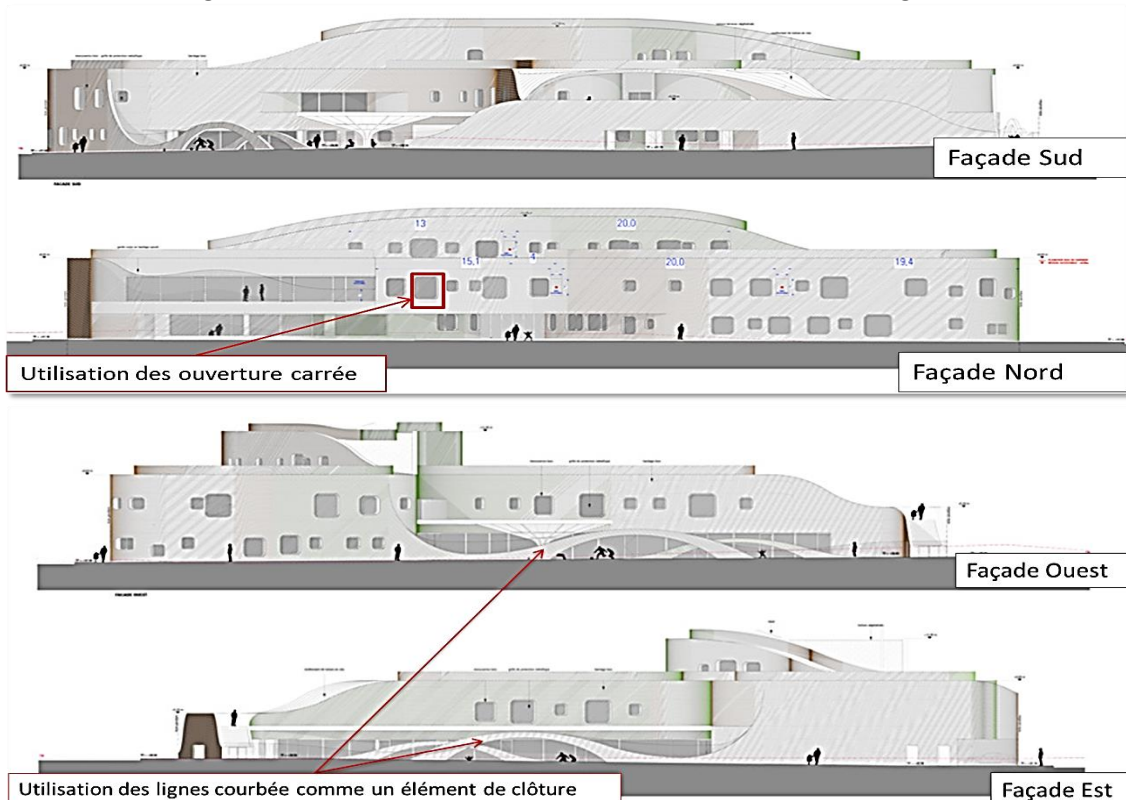


Figure I-29: Les façades de groupe scolaire Niki.

Source : Archdaily.net

I.3.2.6 Organisation intérieure spatiale :

1. Analyse des plans :

Organisation radiale assurée par le hall commun vers l'élémentaire ; maternelle ; la cantine ; les deux cours et l'entité loisirs. Et linéaire vers les salles de classe.

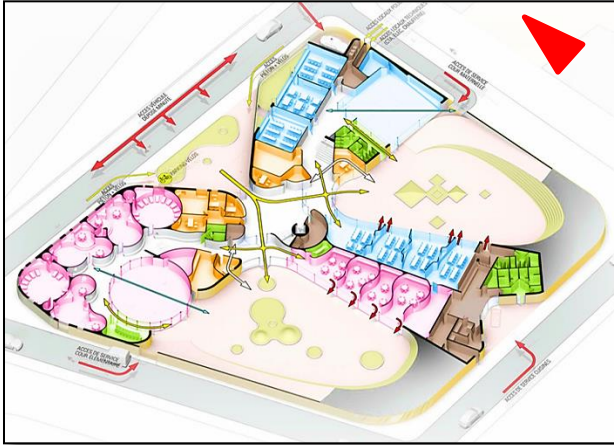


Figure I-31: Plan de RDC

Source : Archdaily.net

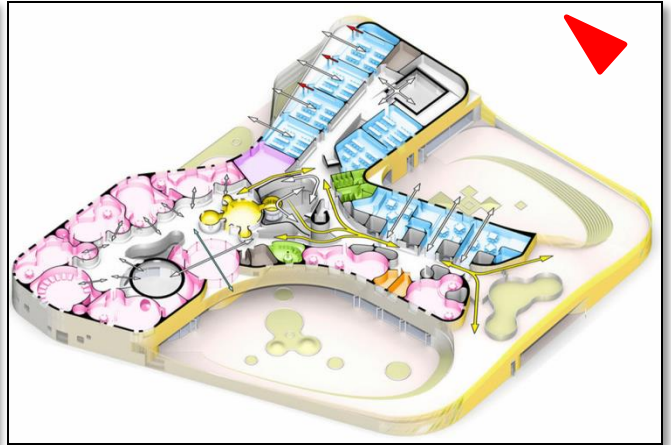
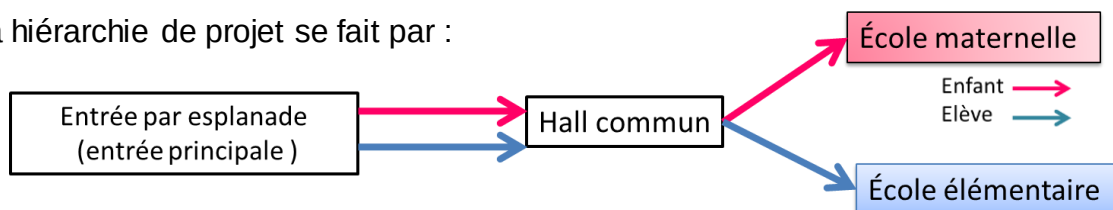


Figure I-30: Plan de 1er étage.

Source : Archdaily.net

La hiérarchie de projet se fait par :



Comprend maternelle de huit classes circulaires, élémentaire de onze classes carrées (selon le type d'âge). Un restaurant scolaire et un centre de loisirs, répartis sur trois niveaux. Les deux cours de récréation du rez-de-chaussée sont reliées par des escaliers au jardin pédagogique aménagé sur la terrasse du premier étage.

2. Les espaces intérieurs :

La distinction entre écoles maternelle et élémentaire se fait selon le principe des formes rondes/carrées: la salle polyvalente de maternelle offre un volume demi-sphérique, celle de l'élémentaire constitue une pyramide à base carrée. Ces deux espaces communs bénéficient d'un éclairage zénithal et s'ouvrent sur les cours.

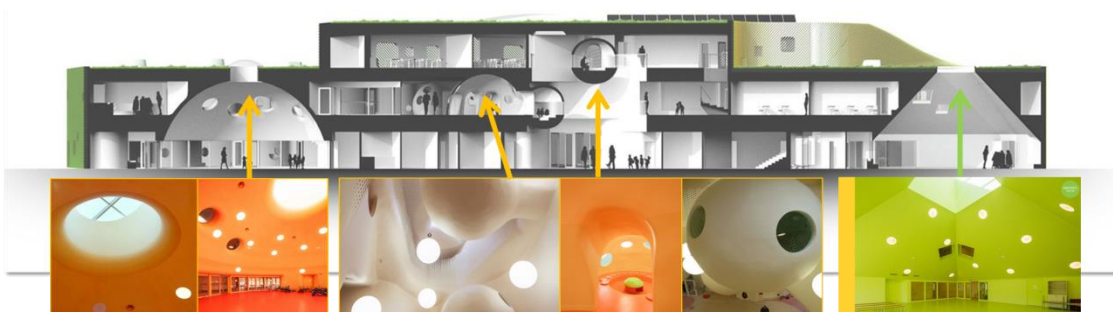
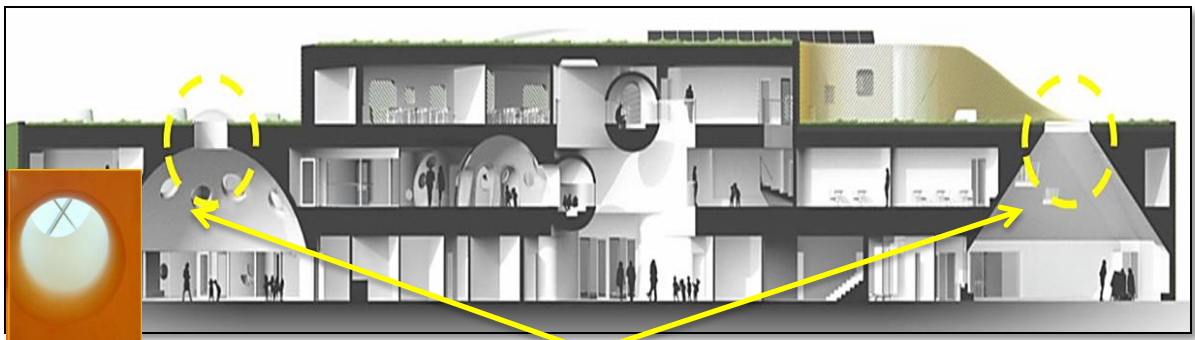


Figure I-32: Coupe sur les espaces intérieurs.

Source : lemoniteur.fr

I.3.2.7 Les aspects environnementaux :

- Utilisation de système passive de ventilation naturelle par des lanterneaux.
- Utilisation de l'éclairage zénithal et latéral pour bénéficier de la lumière naturelle.
- Utilisation des planchers chauffants.
- Une toiture végétalisée.
- La façade protégée par un bardage en bois avec des tasseaux constituant comme grilles des ouvertures et l'utilisation des petites baies pour minimiser les pertes thermiques.



L'éclairage et la ventilation naturelle par des lanterneaux



Bardage



Plancher chauffant



Toit végétalisé

Figure I-33: Les techniques utilisées.

Source : Archdaily.net

I.3.3. Exemple 03 : Ecole primaire Gloria.

I.3.3.1 Fiche technique :

Nom : Gloria élémentaire.

Situation : Spring ; Texas ; état unis.

Architectes : SHW Group.

Surface : 9791,14 m².

Livraison : 2010.

Capacité : 700 élèves.

Climat : tempéré chaud.



Figure I-34: Ecole primaire Gloria.

(Source : www.archdaily.com)

I.3.3.2 Situation :

Le projet est situé au nord de la ville de Houston Texas -Etat Unis-

Dans un milieu suburbain à caractère résidentiel.

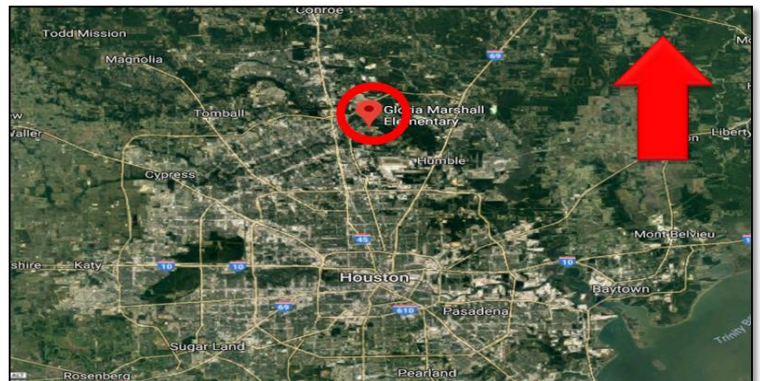


Figure I-35: Situation de l'école Gloria.

Source : Google Earth.

I.3.3.3 Accessibilité et axes mécaniques :

Le projet est accessible à travers les voies mécaniques : Birnam Wood Dr et Otto RD et articulé par la voie principale Cypress Wood DR.

Le voisinage :

Le projet est entouré par des habitats et un terrain naturel au côté Sud .et limites par deux axes mécanique au côté nord.

Les axes mécaniques :

Birnam Wood Dr ————
 Otto RD ————
 Cypress Wood DR ————

Forme de terrain : rectangulaire.

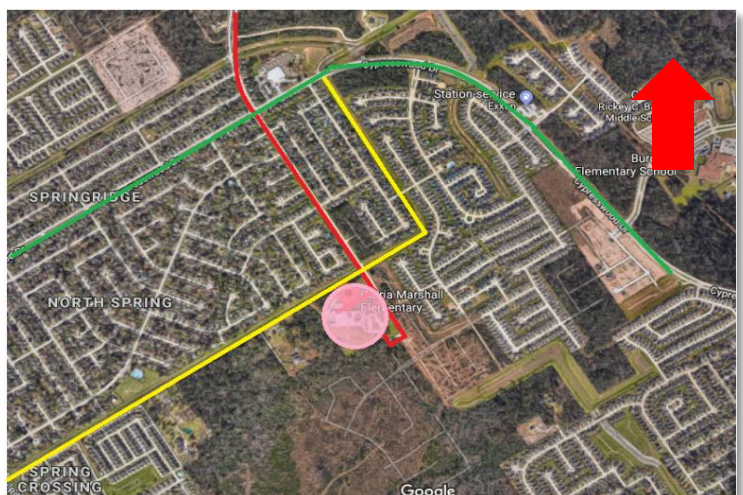


Figure I-36: accessibilité de projet.

Source : Google Earth

I.3.3.4 La méthodologie d'approche au projet :

1. Principe de conception à l'échelle du plan de masse :

Le projet prend une forme monobloc implanté au milieu de la parcelle dans un forêt.

Le projet possède deux accès mécanique directement connectés aux deux parkings ; parking principale et parking de service.

Le projet est accessible par plusieurs accès ; accès principale ; des accès secondaires et accès de service.

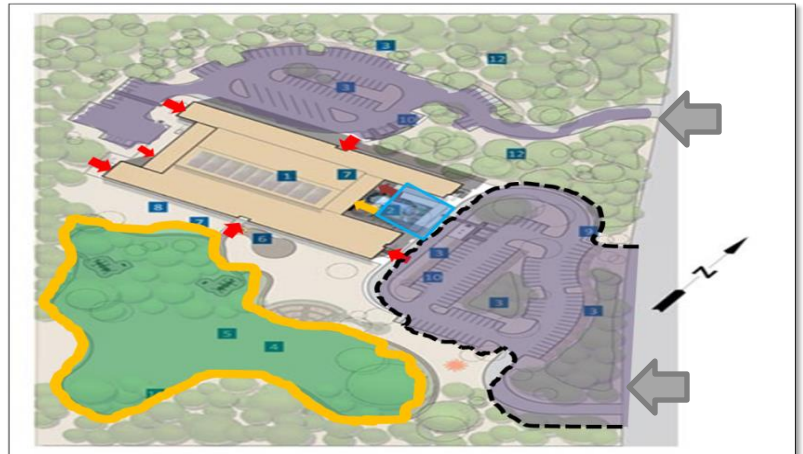


Figure I-37: Plan de masse de Gloria.

(Source : www.archdaily.com)

L'aménagement est autour du projet composé par : bassin écologique et jardin pédagogique au niveau de l'entrée principale ; au sud un jardin et terrain de sport près de l'entrée secondaire.

2. Répartition des blocs :

Le projet contient : quatre entités principales sont :

Entité enseignement

Entité administration

Entité restauration

Entité loisir.

Ces entités sont organisées selon la hiérarchie fonctionnelle

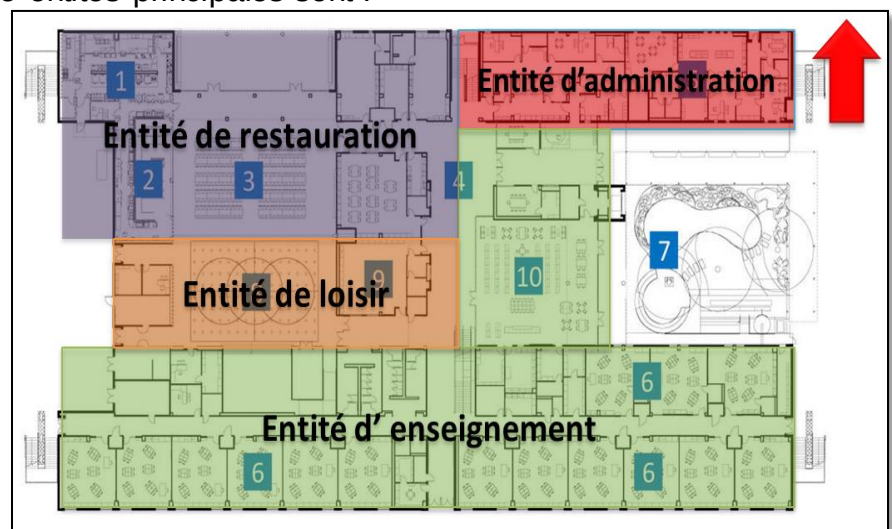


Figure I-38: Répartition des blocs.

3. Volumétrie :

Le bâtiment en forme (H) rectangulaire compacte de deux niveaux orienté au nord - sud. Offre une bonne connexion entre l'intérieur et extérieur.

Utiliser la symétrie par rapport l'axe.



Figure I-39: Volumétrie de projet Gloria.

Source : ArchDaily.net

I.3.3.5 Enveloppe extérieur et façades :

❖ Façade principale : à l'extrémité façades aveugle avec texture rugueuse au positionné les escaliers ; Au milieu : RDC est vitré, à l'étage une bande des petites ouvertures.



Figure I-40: Façade principale Nord.

❖ Façade sud : façade horizontale composée de deux parties avec des ouvertures en bande par des brises soleil horizontales. Le degré des couleurs sont utilisés sombre au socle et bordures (orange) et le reste avec couleur claire (beige).



Figure I-41: Façade Sud.

Source : Archdaily.com

I.3.3.6 Organisation intérieur spatiale :

1. Analyse des plans :

Organisation linéaire assure par un hall commun et des couloirs (circulation horizontale) et par les escaliers (circulation verticale)

1-cuisine; 2-service; 3-cantine; 4-hall commun; 5-administration; 6- salle de classe; 7 éco bassin; 8-salle de sport; 9-salle de musique; 10-bibliothèque; 11- sanitaires ; 12-salle d'informatique; 13-salle des ressources.

Escalier
Couloir
Hall

Les espaces sont organisés linéairement tout au long des couloirs perpendiculaires au hall.



Figure I-42: Plan de RDC

Source : Archdaily.net



Figure I-43: Plan de 1er étage.

(Source : www.archdaily.com)

2. Les espaces intérieurs :

L'éclairage naturelle dans les espaces d'apprentissage ; des couleurs claires.



Figure I-44: Les espaces intérieurs.

Source : Archdaily.com

I.3.3.7 Les aspects environnementaux :

❖ Confort visuel :

Utilisation des capteurs qui allumeront et éteindront les lumières en fonction du niveau de lumière naturelle intégrer dans les ouvertures des salles orientées au sud.



Figure I-45: Capteurs au niveau des fenêtres.

❖ Gestion d'énergie :

Utilisation des énergies renouvelables telle que énergie solaire au niveau de toit et au jardin ; énergie de vent (turbine éolienne) au jardin.



Figure I-46: Les énergies renouvelables.

Source : Archdaily.com

❖ Gestion des eaux pluviales et géothermie :

Utilisation un système de récupération des eaux pluviales pour l'arrosage des espaces verts ; l'alimentation des retenus d'eau. Alimenter les lacs d'eau pour rafraîchir le climat.

Utilisation de système géothermie pour la production de chaleur avec un système de pulsion mécanique par l'intermédiaire d'un conduit d'amenée d'air enfoui dans le sol, en complément de la récupération de chaleur éventuelle



Figure I-47: la géothermie et collecte des eaux pluviales.

(Source : www.archdaily.com)

I.3.4. Exemple 04 : Ecole maternelle et primaire les trèfles.

I.3.4.1 La fiche technique :

Nom : école les trèfles.

Situation : Anderlecht ; la Belgique.

Architecte : Wendy Boswell.

Surface : 9100m².

Capacité : 750 élèves.

Livraison : 2015.

Climat : tempéré océanique.



Figure I-48: Ecole communale des trèfles.

(Source : fr.slideshare.net)

I.3.4.2 Situation :

Le projet est situé dans un quartier des Trèfles à Anderlecht entre La Roue, le Ring et le boulevard Maurice Carême. A proximité des réseaux de transport commun

Le milieu : urbain.

Le site : résidentiel.



Figure I-49: Situation de l'école des trèfles.

(Source : Google Earth.)

I.3.4.3 Accessibilité et axes mécanique :

Le projet est accessible à travers les voies suivantes :

— Rue José Van Damme.

— Rue James Cook.

— Rue Delwant.

Voisinages : Entouré par d'habitat et terrain de sport au côté Est.

Limité par trois voies mécaniques.



Figure I-50: Accessibilité au projet.

Source : Google Earth.

I.3.4.4 La méthodologie d'approche au projet :

1. Principe de conception à l'échelle du plan de masse :

Le projet est implanté au milieu de terrain et entouré par potagers au côté sud-ouest et au côté sud se trouve salle de sport ; deux bassins d'orage au côté nord et sud.

- Plan de masse :**
- Cour de récréation (élémentaire)
 - Cour de récréation (maternelle)
 - Cour commun
 - ➔ Entrée principale
 - ➔ Entrée mécanique
 - ➔ Entrée mécanique (bus)
 - Abri vélos
 - Parking
 - Potagers
 - Étang +bassin d'orage

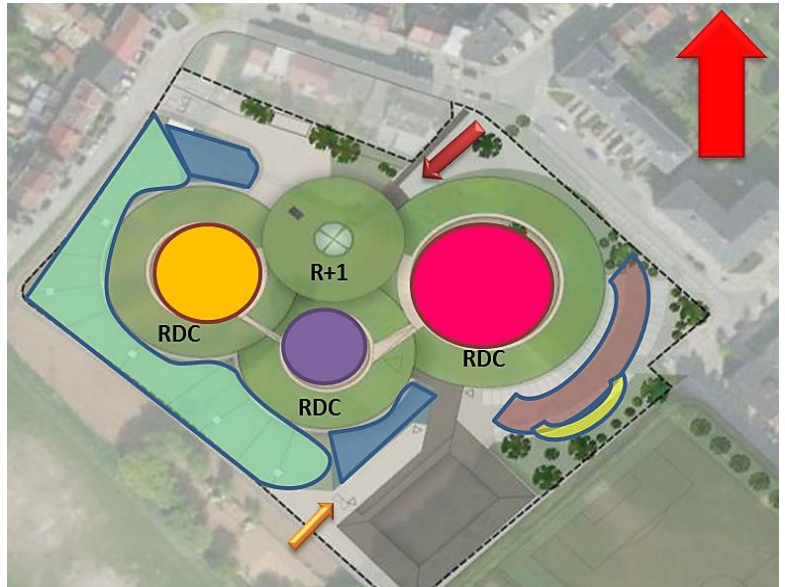


Figure I-51: Plan de masse des trèfles.

Le projet possède deux accès mécanique, 1er accès directement connecté au parking et l'autre destiné pour les bus avec passage mécanique. Le bloc est accessible par une seule entrée piétonne. Contient trois cours de récréation selon les cycles.

2. Répartition des blocs :

Le projet contient les blocs suivants :

Bloc d'accueil : situé au niveau de l'entrée principale ce bloc joue le rôle d'un distributeur vers les autres blocs

Bloc restauration : situé au milieu présent l'intersection des blocs.

Bloc pédagogique : trois blocs selon les cycles qui contient des cours au milieu chaque blocs.

Bloc de sport : éloigné par rapport des autres blocs relier avec un passage couvert.

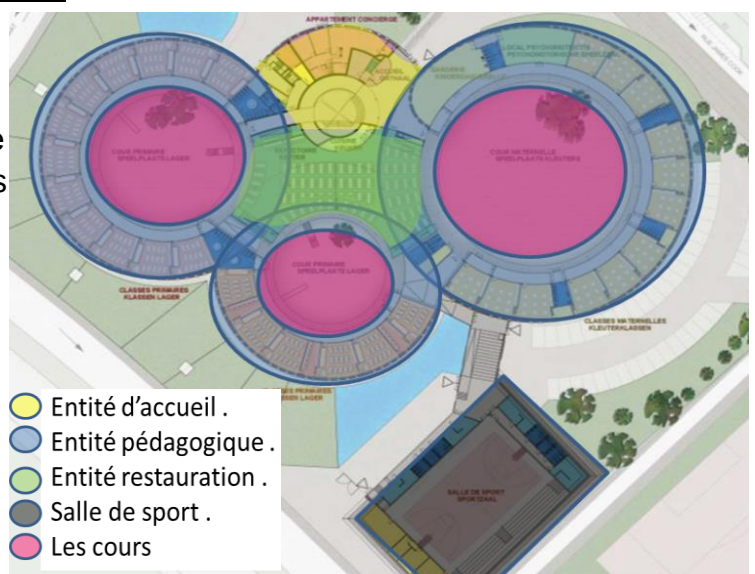


Figure I-52: Répartition des blocs.

Source : fr.slideshare.net

3. La volumétrie :

Le projet adopte une forme circulaire libre basé sur trois cylindres creux reliant entre eux par un cylindre centrale avec un toit jardin.



Figure I-53: la volumétrie de projet.

Source : fr.slideshare.net

I.3.4.5 Enveloppe extérieur et façades :

Utilisation des panneaux de façades évolutifs, aux couleurs changeantes sous l'action de la lumière solaire, en fonction des perspectives. Ces panneaux portent label énergie A+ de BREEAM.

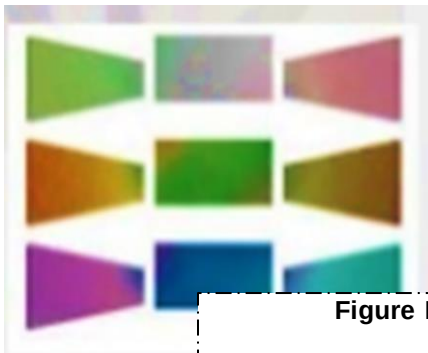


Figure I-54: Façade de l'école des trèfles.

(Source : fr.slideshare.net)

I.3.4.6 Organisation intérieure spatiale :

1. Les plans :

Organisation radiale assurée par un hall commun (entité accueil) vers les classes linéaire (circulation horizontale) et pour la circulation verticale assurée par les escaliers et les rampes vers les cours.

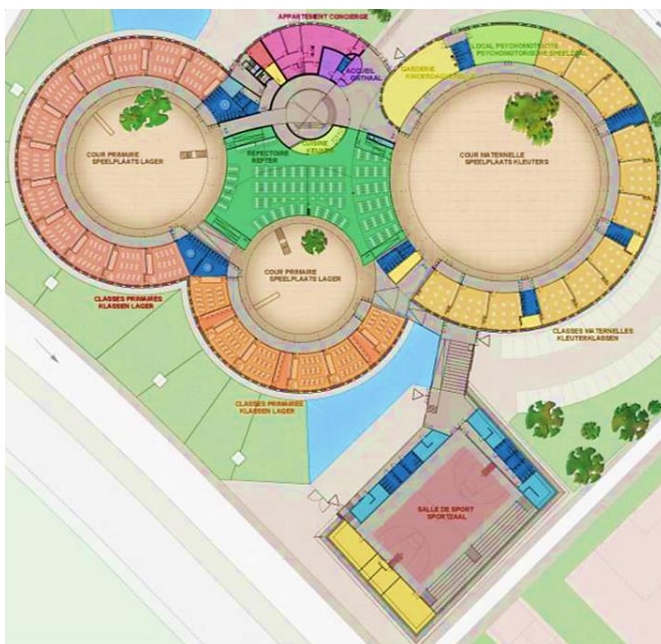


Figure I-55: Plan de 1er étage.

Source : fr.slideshare.net

Figure I-56: Plan de RDC.

Source : fr.slideshare.net

I.3.4.7 Les aspects environnementaux :²¹

- La consommation énergétique maximas pour le projet (15 kWh/an). Le bâtiment passif vise donc le “zéro énergie”.
- lumière naturelle: indépendant de l'éclairage artificiel durant les heures de cours autonomie dans les classes de 80%.
- Isolation thermique performance
Isolation au sol ; isolation des parois ; isolation de toiture ;
Isolation châssis (triple vitrage)
intercalaire isolant.
- ventilation naturelle. Protections solaires extérieures intégrées dans le vitrage avec gestion automatique et dérogation manuelle. Préau pour les couloirs.



Figure I-57: Eclairage naturel.

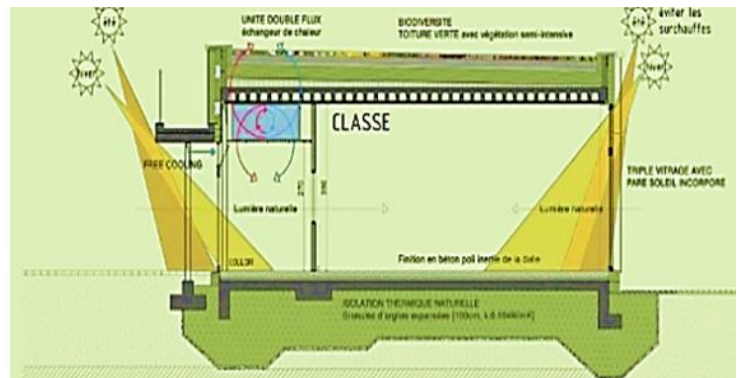


Figure I-58: ventilation naturelle.

- La biodiversité ; des citernes assurent la collecte des eaux de pluie à partir des toitures vertes et permettent son utilisation pour les sanitaires et l'arrosage des abords.



Figure I-59: toit végétalisé

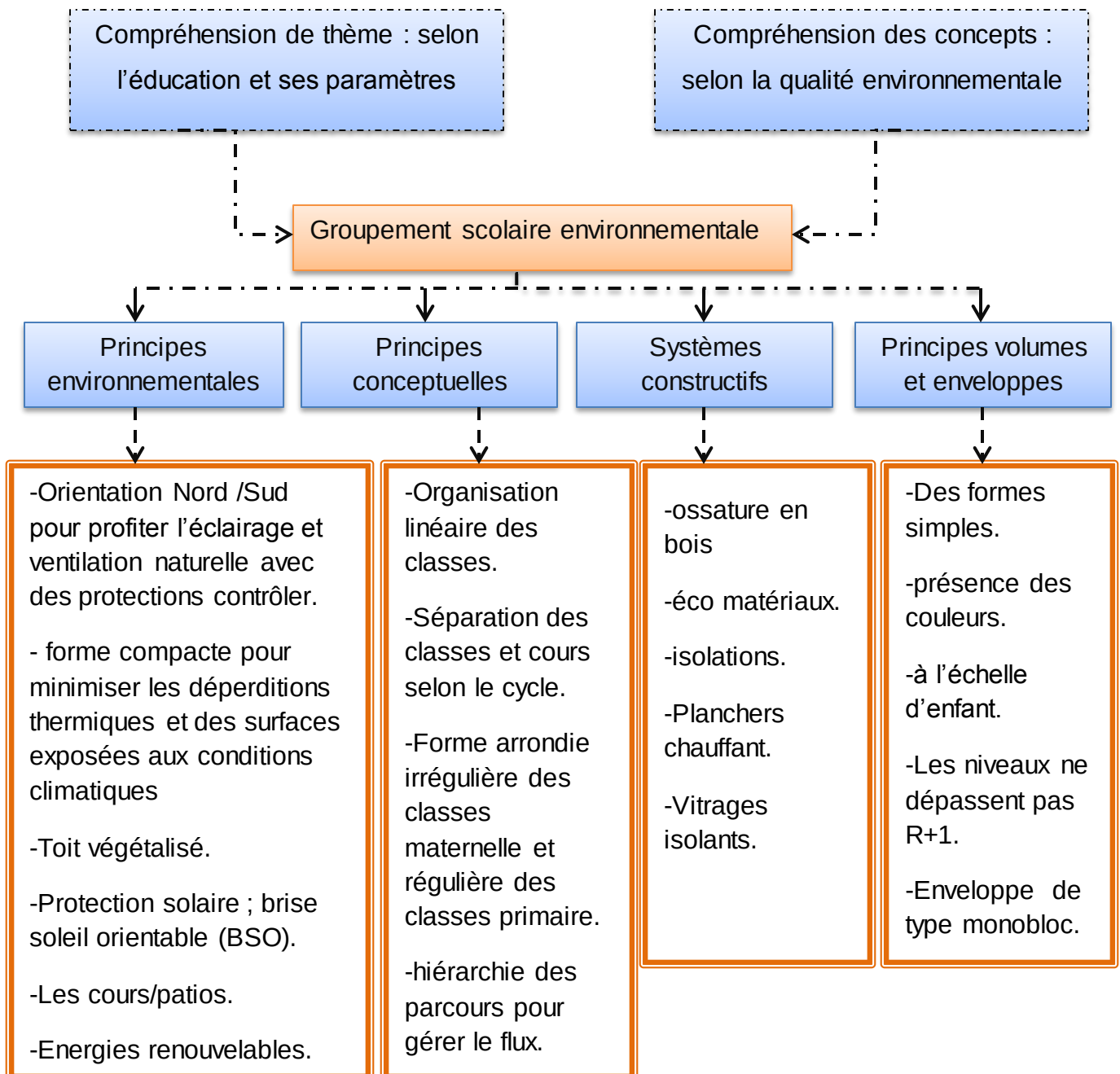
²¹ Source : fr.slideshare.net durable jusqu'à aux fondations.

I.4. Synthèse :

D'après l'étude thématique et les analyses des exemples on a synthétisé que :

Le rôle de la conception bioclimatique commence par la vision stratégique du point de vue du projet pour l'amélioration de la qualité des espaces bâti qui peut induire de manière naturelle de réduire la consommation des énergies non renouvelables.

Alors pour un groupe scolaire environnemental consiste en l'intégration de l'ensemble des paramètres et des notions selon les besoins des espaces fonctionnels et environnementales.



Etude contextuelle

II. Introduction :

L'objectif assigné de cette étude est d'identifier les variables contextuelles susceptibles d'influencer la conception durable du projet. Pour élaborer une conception adéquate, il doit prendre en compte tous les aspects physiques et sociaux du site, le projet et ses abords sont d'abord perçus comme un élément du site, d'où l'importance fondamentale de la notion d'échelle.

Sachant qu'une meilleure insertion du bâtiment dans son milieu naturel ou urbain, le rend plus attractif, diminue son impact sur l'environnement extérieur et garantit une meilleure qualité de vie aux utilisateurs.

II.1. Situation de la ville de Laghouat :

Laghouat est une ville d'Algérie située dans le Nord du Sahara, au pied de l'Atlas saharien. Elle se trouve à 400 km au sud d'Alger et à 767 m d'altitude.



Figure II-1: Situation de la ville de Laghouat.

(Source : Google image)

Les coordonnées astronomiques :

- ❖ Latitude: 33.8065 (33° 48' 23" Nord).
- ❖ Longitude: 2.88219 (2° 52' 56" Est).

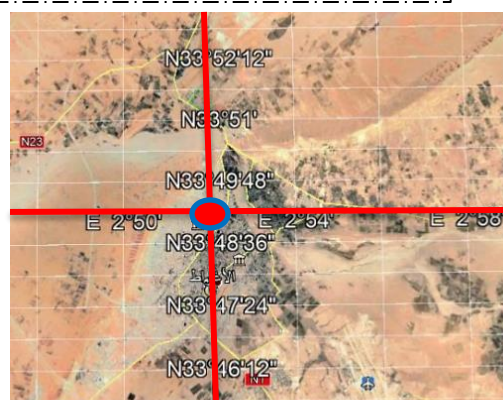


Figure II-2: Situation astronomique.

Source : Google Earth

II.1.1. Les données climatiques de la ville de Laghouat :

La ville de Laghouat est classée selon le DTR dans la zone climatique D.



Figure II-3: Classification des zones climatiques.

Le climat de Laghouat est un climat aride, il se distingue par sa particularité vu sa position continentale et sa proximité du Sahara qui lui confèrent les caractéristiques suivantes : Une saison estivale sèche et chaude et une saison hivernale froide.

II.1.1.1 Climat aride : ²²

Caractérisé par une sécheresse et une aridité permanente qui dure toute l'année et une précipitation insuffisante et variable; un manque important d'eau liquide au sol et dans l'air ambiante. Indice d'aridité IA

$$0.05 < IA < 0.20.$$

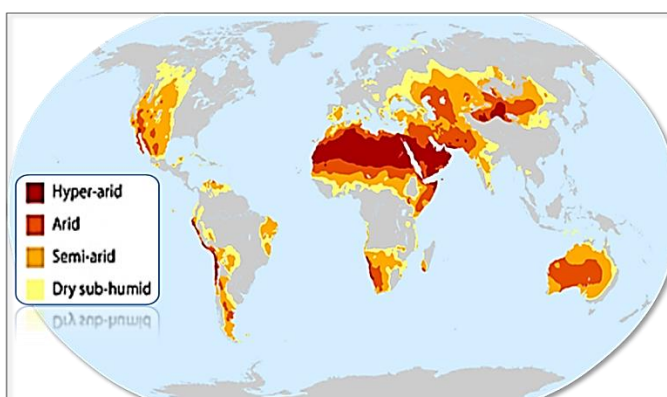
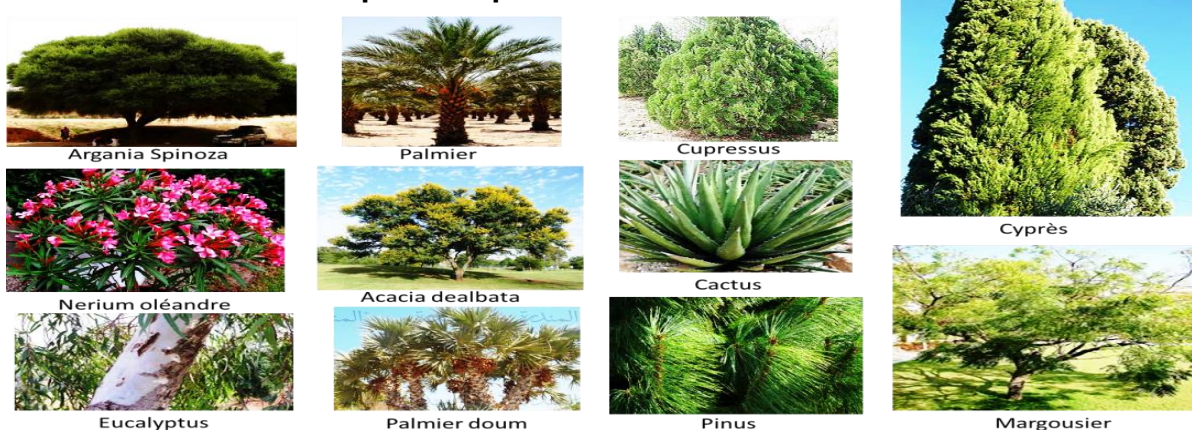


Figure II-4: Carte géographique d'aridité.

Source : Google image

II.1.1.2 Permis les plantes qui vivantes dans la commun de Laghouat :



²² Source : chapitre I: les environnements arides <http://www.fao.org/docrep/t0122f/t0122f03.htm>

II.1.1.3 L'ensoleillement :

La longueur du jour à Laghouat varie considérablement au cours de l'année. Le jour le plus court est le 21 décembre avec 9h54min de jour; le jour le plus long est le 21 juin avec 14h24min de jour.

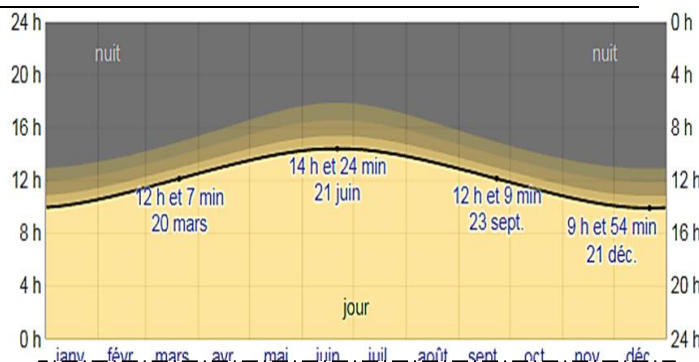


Figure II-5: Les heures d'ensoleillement.

Source : Météo habituelle à Laghouat.

La période la plus lumineuse de l'année dure 4,0 mois, du 19 avril au 20 août, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par m² supérieur à 7,0 kWh. Le jour le plus lumineux de l'année est le 21 juin, avec une moyenne de 8,0 kWh.

La période la plus sombre de l'année dure 3,1 mois, du 1 novembre au 5 février, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré inférieur à 4,1 kWh. Le jour le plus sombre de l'année est le 18 décembre, avec une moyenne de 3,1 kWh.

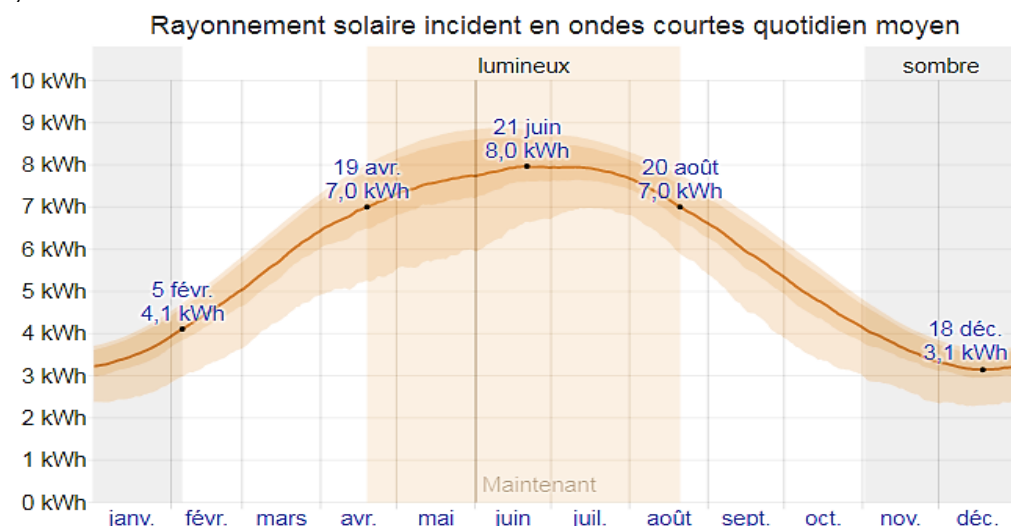


Figure II-6: le rayonnement solaire de Laghouat.

Source : Météo habituelle à Laghouat Algérie

II.1.1.4 Nébulosité :

Un ciel clair régnant pendant presque toute l'année.

Dans la période hivernale : le ciel partiellement couvert de 61%.

Dans la période estivale : le ciel est dégagé (clair) de 94%.

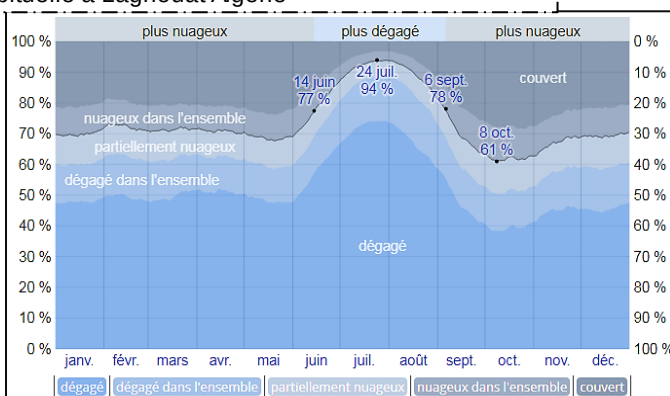


Figure II-7: Graphe de type de ciel de Laghouat.

Source : Météo habituelle à Laghouat Algérie

II.1.1.5 La température :

La ville de Laghouat est connue par un été très chaud avec une température moyenne 39°C, un hiver très rigoureux de température moyenne 7,5°C.

Zone de climatisation : que la température est au-dessus de 24°C.

Zone de chauffage : que la température est au-dessous de 18°C.

Zone de l'équilibre: les températures de confort ressenti principalement en mois avril ; octobre.

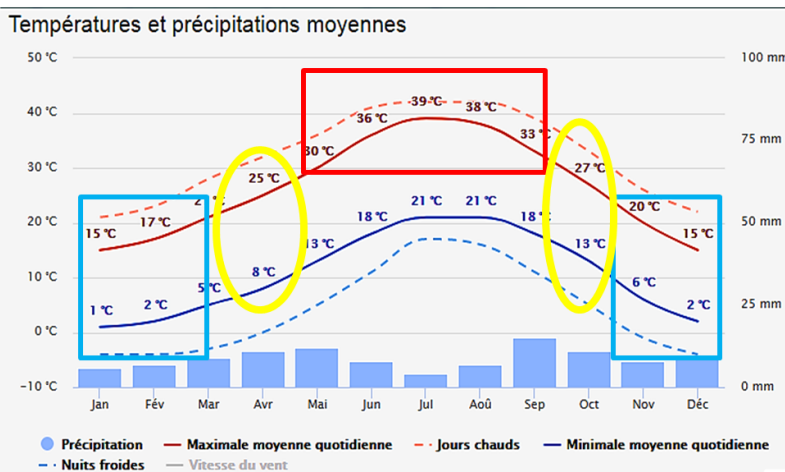


Figure II-8:Graphe de température moyenne.

Source : climat Laghouat/meteobblue.

II.1.1.6 Les vents :

- Les vents dominants avec une direction Nord-Ouest.
- Les vents froids sont faibles avec une direction Nord.
- Les vents chauds (CHEHIL) avec direction sud-ouest.
- Les vents de sable et les tempêtes sont fréquents observé généralement pendant les après-midi.

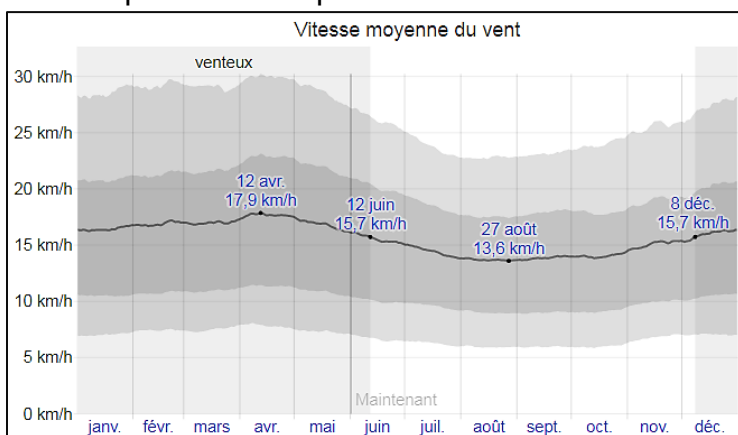


Figure II-9: Diagramme de vitesse du vent de Laghouat.

Source : climat Laghouat/meteobblue.

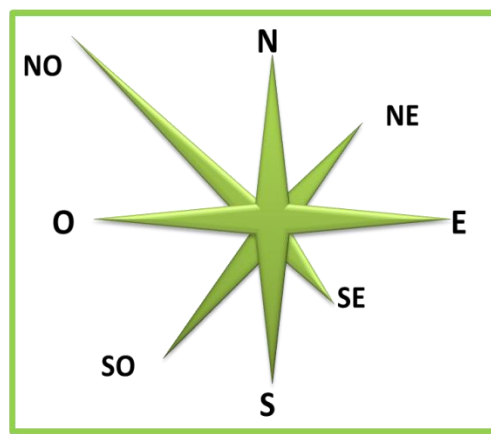


Figure II-10:la rosée de vent.

Source : les étudiants.

La période la plus venteuse de l'année dure 6,1 mois, du 8 décembre au 12 juin, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 15,7 kilomètres par heure. Le jour le plus venteux de l'année est le 12 avril, avec une vitesse moyenne du vent de 17,9 kilomètres par heure. La période la plus calme de l'année dure 5,9 mois, du 12 juin au 8 décembre. Le jour le plus calme de l'année est le 27 août, avec une vitesse moyenne horaire du vent de 13,6 kilomètres par heure.

II.1.1.7 L'humidité :

L'humidité le plus élevé est dans le mois de décembre (60%) et le plus bas pendant le mois de juillet (16%).

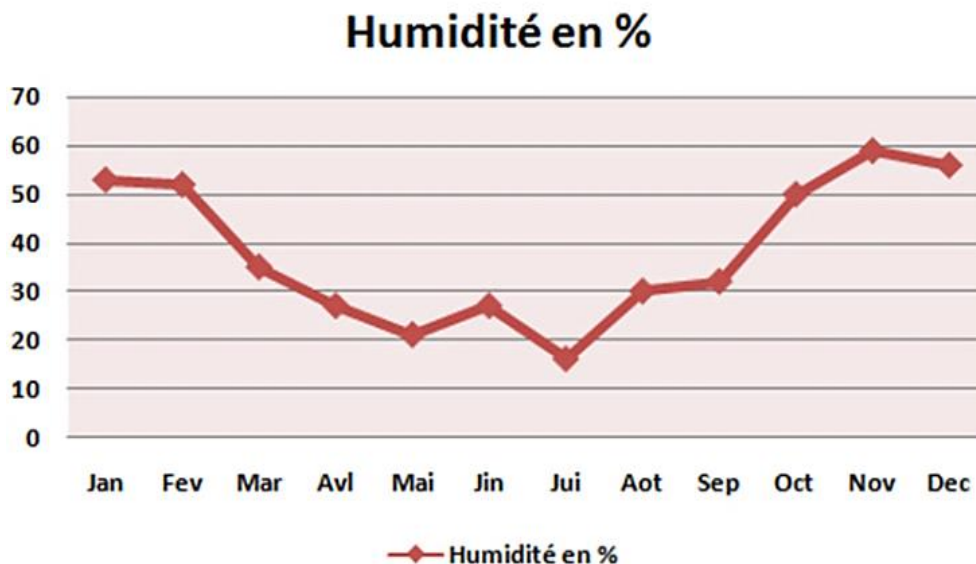


Figure II-11: Graphe d'humidité.

Source : La station météorologique de la Laghouat

II.1.1.8 La pluviométrie :

La pluviométrie est faibles et irrégulières la précipitation moyenne annuelle (134mm/an).

La période pluvieuse de l'année dure 7,7 mois, du 7 septembre au 29 avril, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres.

La période sèche de l'année dure 4,3 mois, du 29 avril au 7 septembre. La plus accumulation totale moyenne de 3 millimètres.

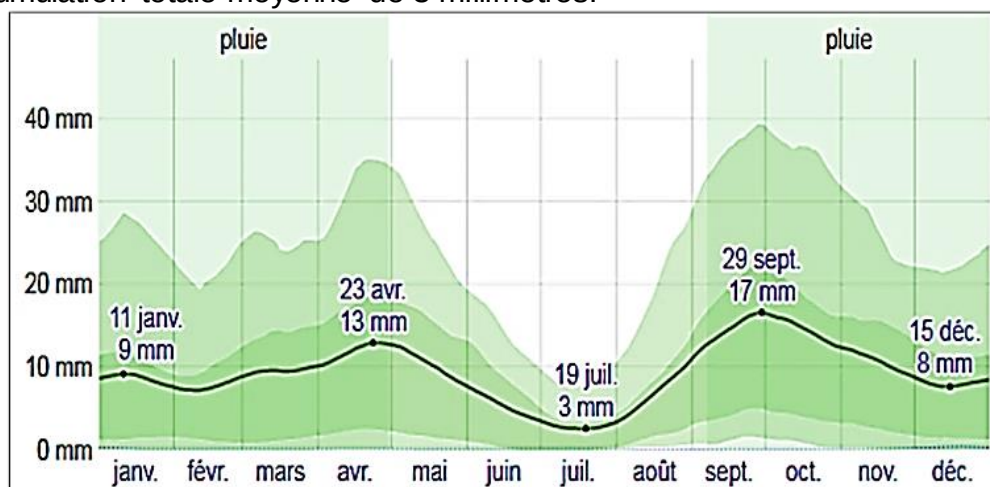


Figure II-12: Graphe de la pluviométrie.

Source : Météo habituelle à Laghouat Algérie

II.1.1.9 Diagramme de Givoni :

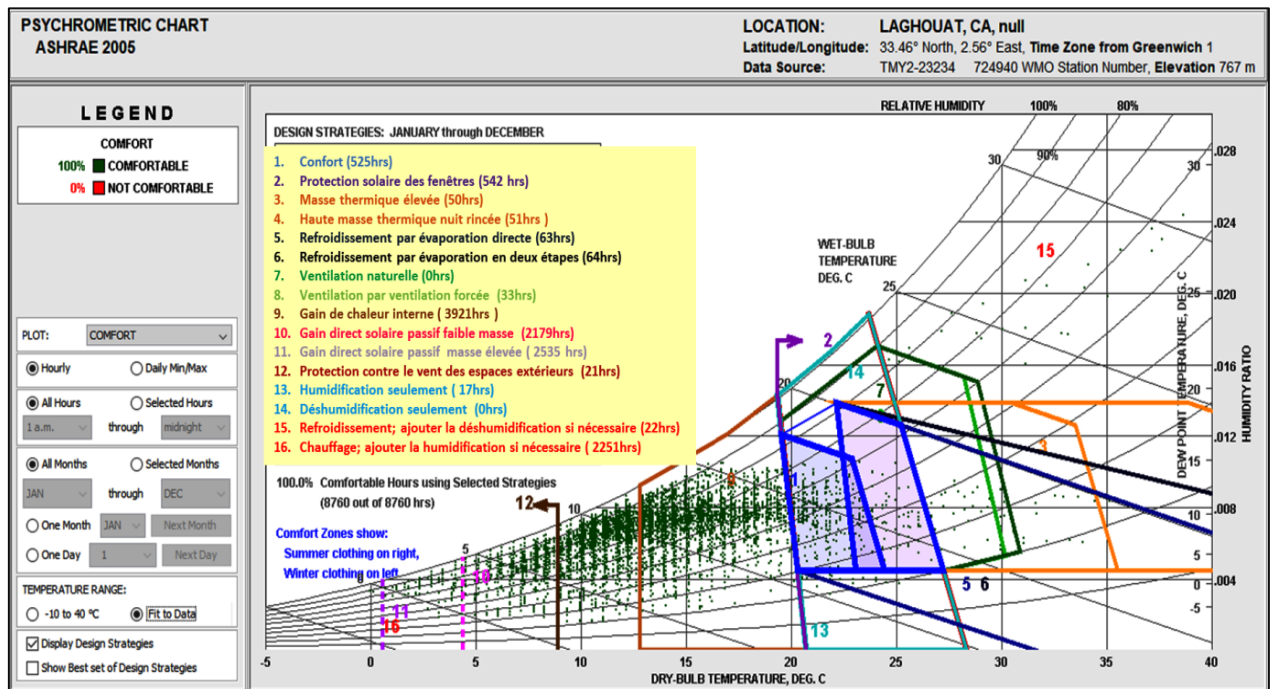


Figure II-13: Diagramme Givoni la ville de Laghouat.

Source : par l'aide de Mme K.Douhssi.

❖ Selon le diagramme de GIVONI on distingue cinq périodes :

- ✚ Pour les mois de janvier, février et décembre : on a besoin d'un chauffage solaire passif.
- ✚ Pour les mois mars et novembre : on a besoin d'inertie thermique du bâtiment.
- ✚ Pour les mois Avril, mai et octobre : situés dans la zone de confort avec la nécessité d'une ventilation pour le mois mai.
- ✚ Pour le mois de juin et septembre : on a besoin d'une grande masse thermique.
- ✚ Pour les mois de juillet et aout : les plus chauds on a besoin d'une ventilation interne, avec refroidissement par évaporation.

II.1.2. Evolution urbaine de la ville de Laghouat :

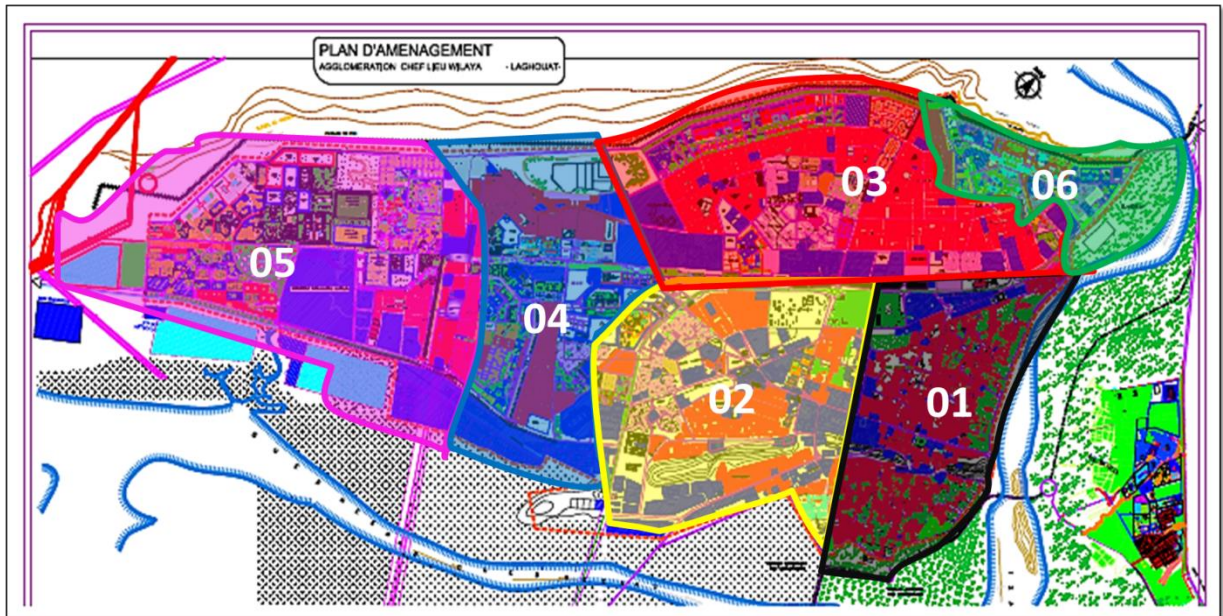


Figure II-14: Evolution urbaine de la ville de Laghouat.

(Source : Pdau par les étudiantes.)

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'OASISNORD. et des nouveaux quartiers.
- ✚ La 4ème phase : l'extension vers l'Ouest et l'apparition des nouveaux lotissements tels que WIAM.
- ✚ La 5ème phase : la nouvelle extension vers « Lekhneg ».
- ✚ La 6ème phase : la nouvelle extension « EL MARDJA ».

II.1.3. Les éléments de l'environnement influent sur le style architectural :

Le style architectural dans la ville de Laghouat est caractérisé par :

- Un tissu compact pour diminuer les surfaces exposées à l'ensoleillement et de protéger contre les vents.
- Le patio est au centre, qui lui donne de l'air et de la lumière.
- Une orientation, généralement, sud pour bénéficier en hiver des rayons solaires obliques, les rayons devenus verticaux en été s'arrêtent sur son seuil.
- Une hauteur définie pour faire bénéficier la façade voisine des rayons solaires.

- Des espaces couverts / ouverts sous forme de galeries à arcades, orientés généralement sud, pour profiter de la chaleur ambiante en hiver et se protéger des rayons presque verticaux en été.
- Une cave qui procure, par l'inertie thermique du sol, une fraîcheur durant la journée.
- Une couleur claire pour réfléchir le fort rayonnement solaire en été.
- L'utilisation de matériaux de construction généralement la plus utilisée, procure passivement le confort thermique.

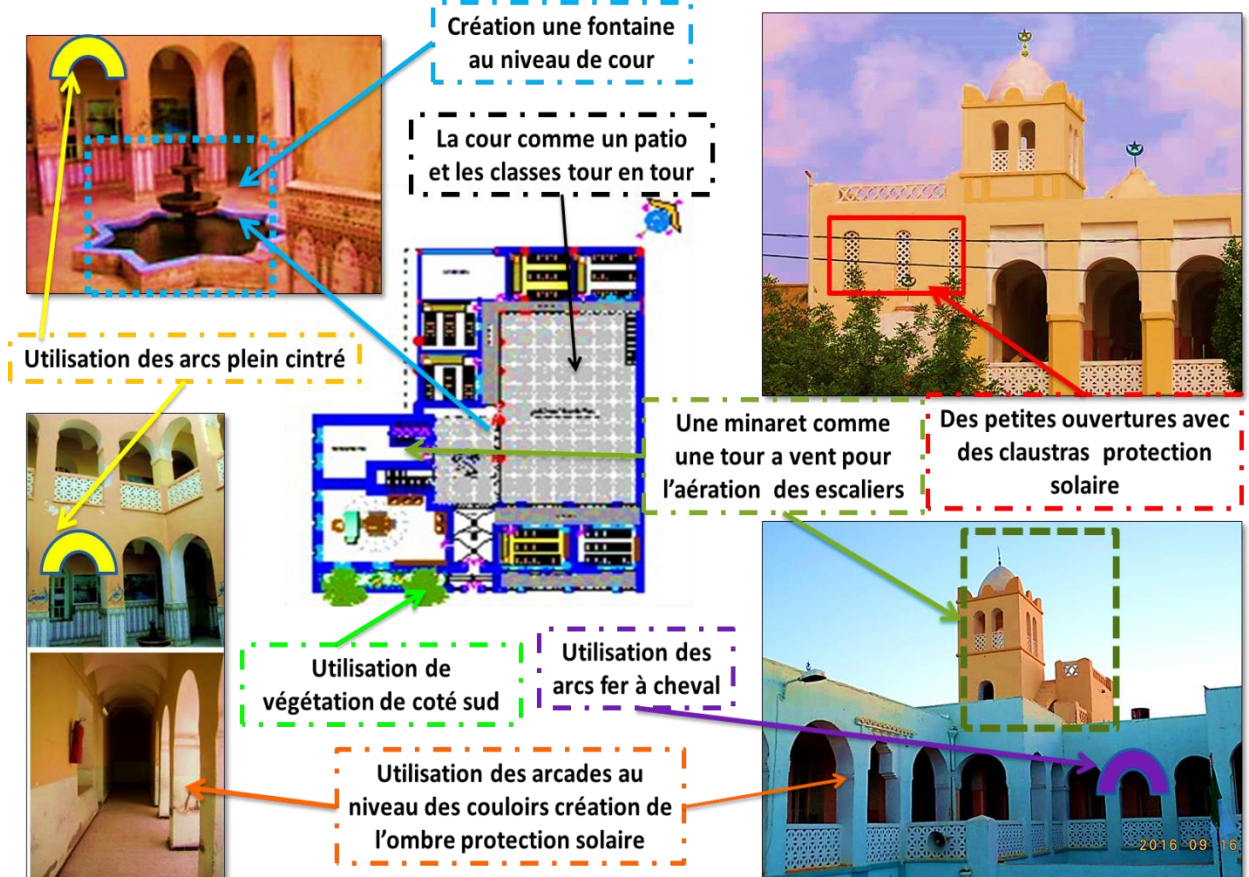


Figure II-16: Les techniques utilisées dans le style architectural de la ville de Laghouat.

(Source : les étudiantes.)

II.1.3.1 Le style architectural dans les écoles :

L'école d'Ahmed Chatta c'est un très bon exemple sur le style architectural local des écoles dans la ville de Laghouat qui contient tous les éléments architecturaux.



II.2. Echelle locale :

II.2.1. Motivation de choix du site :

Nous avons retenu ce site pour recevoir notre projet car il offre plusieurs potentialités :

- Forte visibilité et lisibilité du site (la situation stratégique de terrain).
- Le manque des écoles maternelles dans ce site
- A proximité des équipements scolaires similaires (CEM ; Lycée).
- La situation de site dans une zone résidentielle.
- Une bonne accessibilité au site.
- D'une superficie suffisante pour recevoir un tel projet.

II.2.2. Situation du site par rapport la ville :

Le site est situé dans la partie nord de la ville de Laghouat, dans le quartier oasis nord (nouvelle extension de « EIMARDJA ») d'une zone résidentielle.

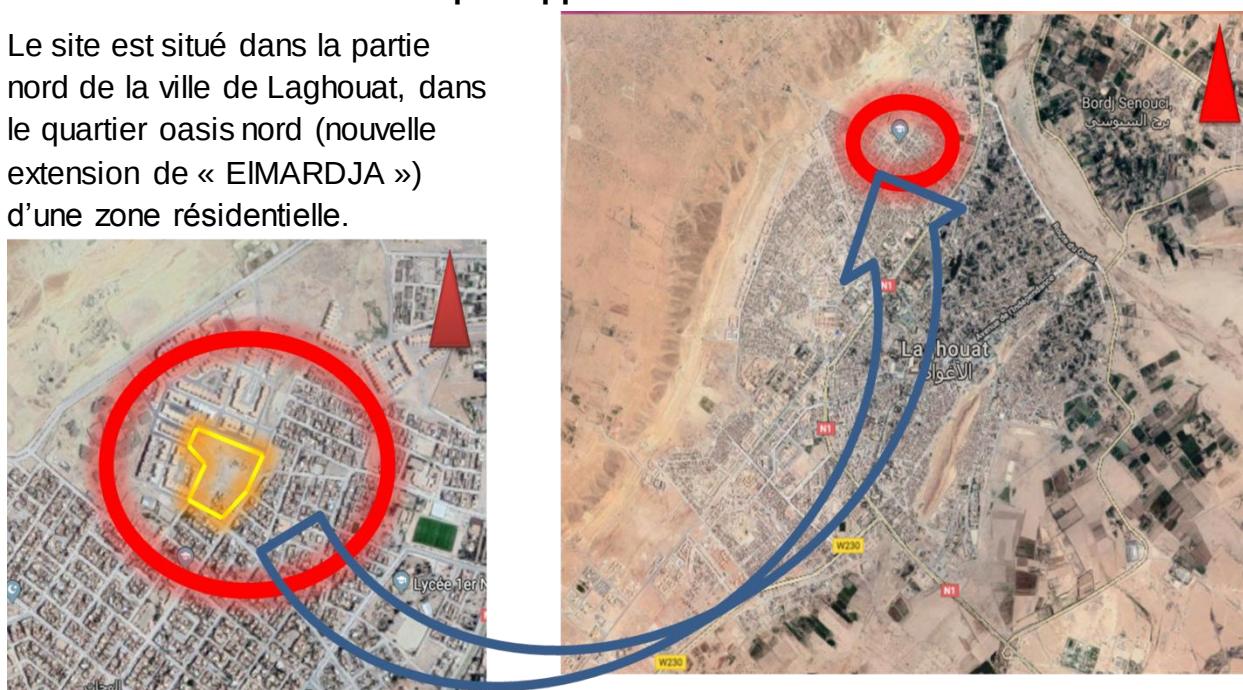


Figure II-17: Situation du site par rapport la ville de Laghouat.

Source : Google Earth (les étudiantes).

II.2.3. Repères et accessibilité:

Les repères:

- 1 Mosquée El Rahman.
- 2 Mosquée Imam Mouslim.
- 1 Lycée Gssaiba.
- 2 Lycée 1er novembre.

Accessibilité:

- La route nationale N°01.
- Voie principale.
- Voie secondaire.
- Voie tertiaire.
- Route périphérique.
- Site d'intervention.



Figure II-18: repères et accessibilité.

Source : Google Earth

II.2.4. Les limites de parcelle:

❖ La parcelle est limitée par 3 voies mécaniques :

❖ voie tertiaire 01

❖ Voie tertiaire 02

❖ Voie tertiaire 03

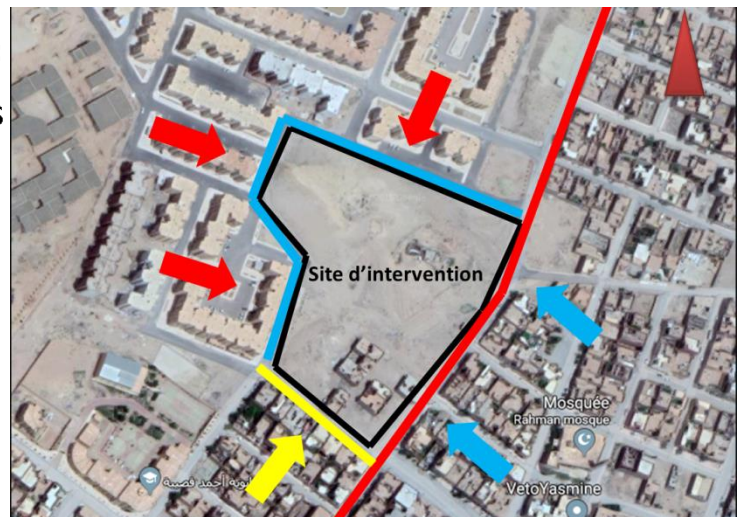
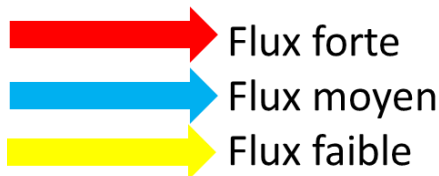


Figure II-19: Les limites du site.

Source : Google maps.

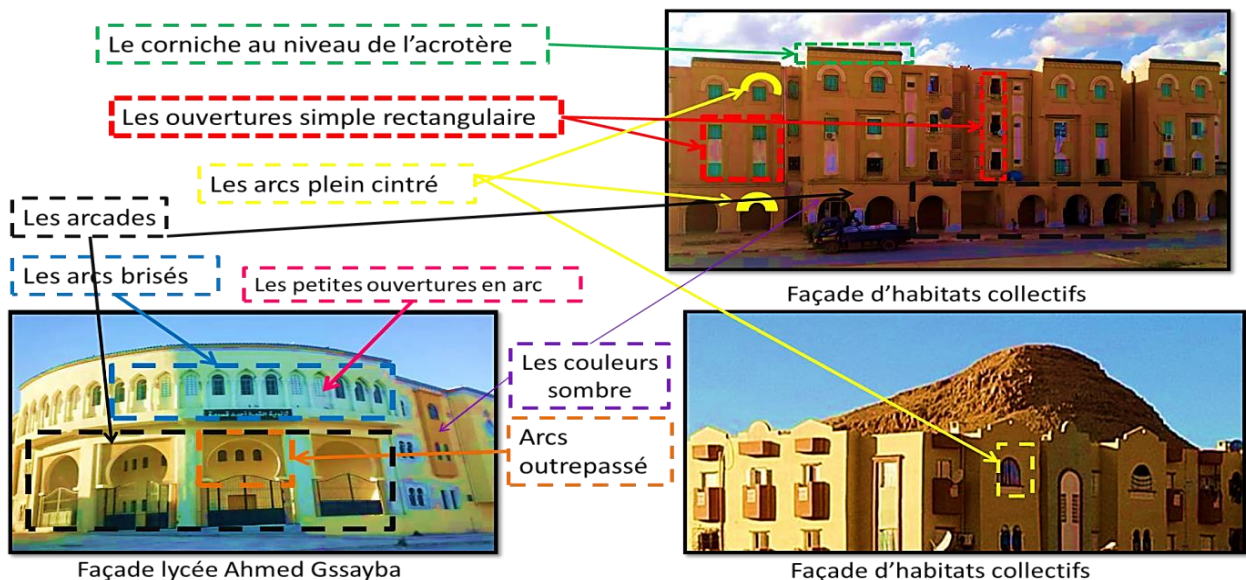
II.2.5. Les voisinages du site :



Figure II-20: les voisinages du site.

Source : Google Maps.

II.2.6. Les éléments architecturaux dans le site :



II.3. Choix du terrain :

Le site d'intervention avec une surface (30809,60m²) est grand pour recevoir notre projet ; alors il faut choisir une partie de site à partir de flux fort (habitats collectifs) avec une surface selon le besoin de l'école.

- Forme de terrain : Pentagone irrégulier.
- Surface de terrain : 9294.7m²
- Orientation : le terrain est orienté Nord-est

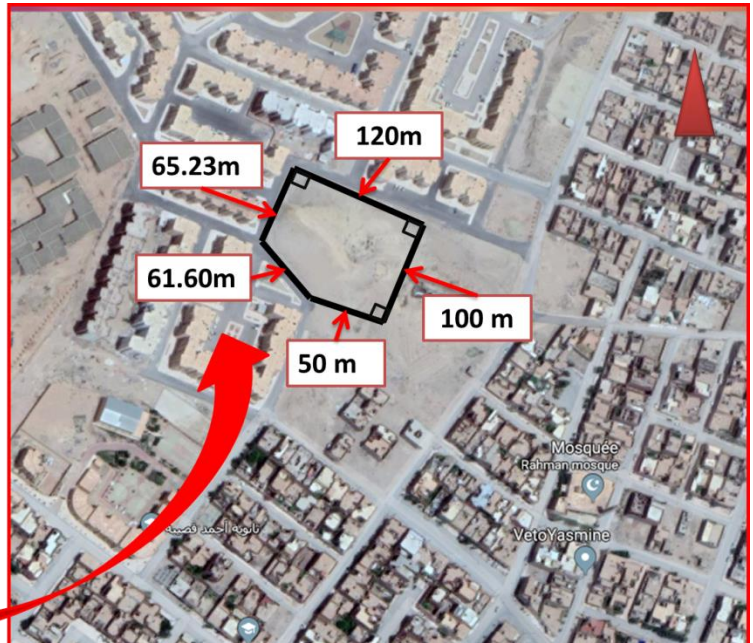
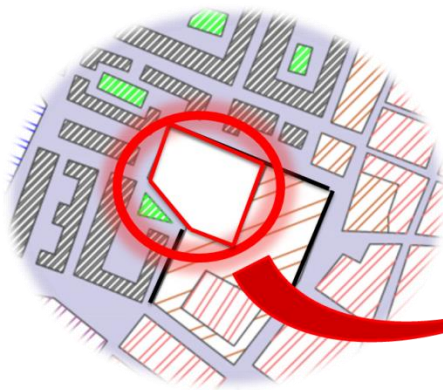


Figure II-21:présentation du terrain.

Source : Google Earth.

II.3.1. Les limites du terrain :

- ❖ Le terrain est limité par voie mécanique dans 3 cotés.

Voie tertiaire
 Logements illégale
 Lotissements
 Terrain

Flux forte
 Flux moyen
 Flux faible

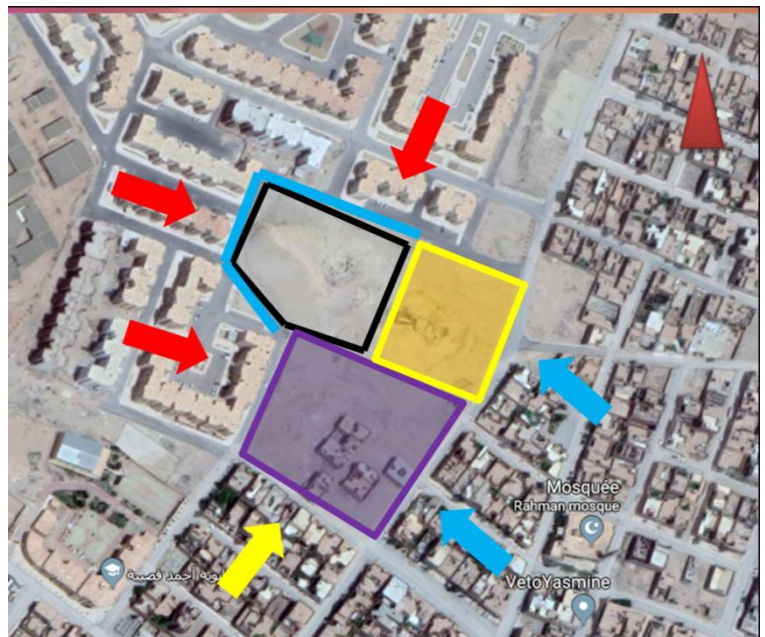


Figure II-22: Les limites du terrain.

Source : Google Earth.

II.3.2. La topographie du terrain :

- ❖ Une légère pente de : 1.8% moyen
- ❖ Elévation : min 787 m ; moy 789 m ; max 790 m.

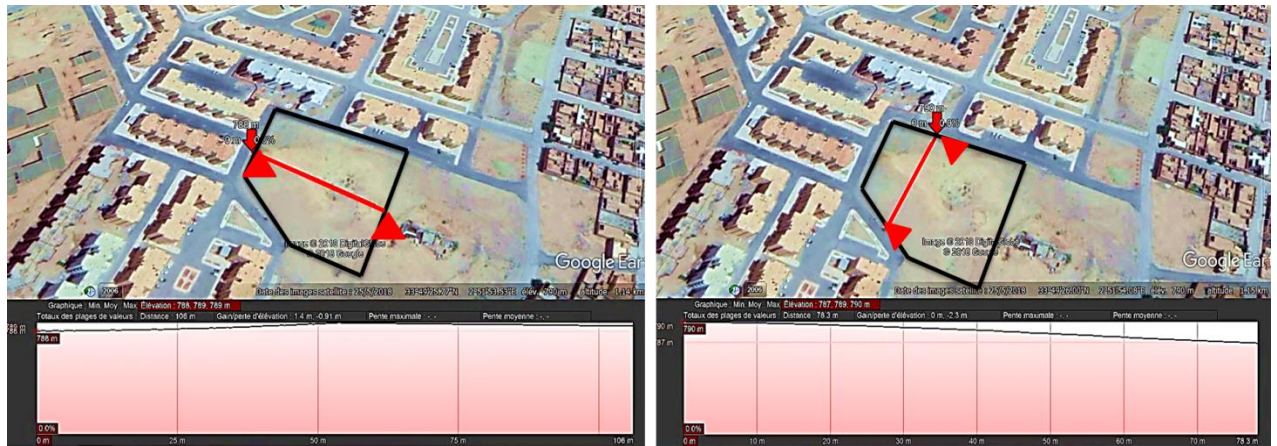


Figure II-23: Coupe topographie longitudinale et transversale du terrain.

Source : Google Earth.

II.3.3. L'ensoleillement et les vents :

Le terrain est exposé aux conditions climatiques ensoleillement et les vents.

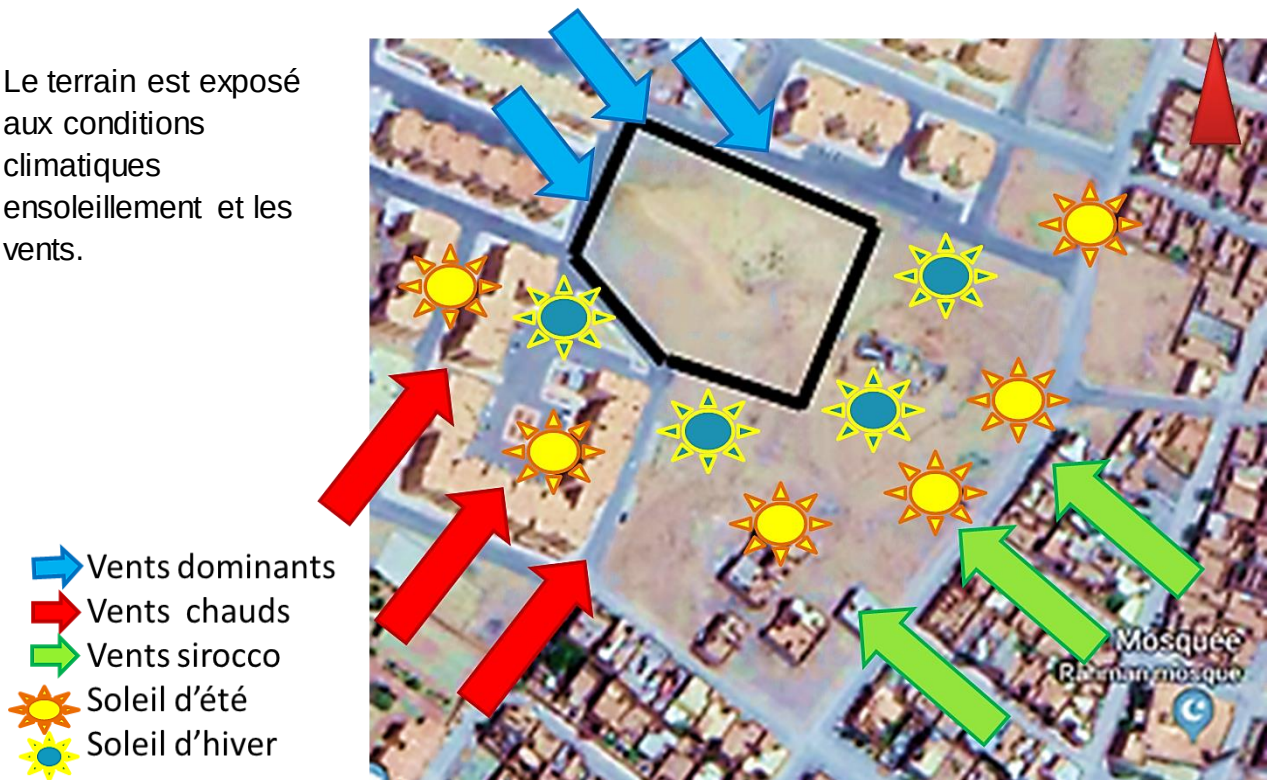


Figure II-24: Les données climatiques du terrain.

Source : Google Earth.

II.4. Synthèse :

L'accessibilité	-choisir les entrées selon le type du flux. -Orienter le projet vers le flux d'habitats collectifs (Nord-Ouest) -disposer l'entrée piétonne dans le coté faible (recul) pour assurer la sécurité d'enfant (Ouest). - Disposer l'entrée mécanique proche de la voie et l'entrée (Est).
Plan de masse	-Aménager l'espace extérieur comme un jardin d'enfant (absence des espaces verts dans le site). -Planter d'une ceinture verte au périphérique de projet comme écran sonore et pour limiter le terrain. -Créer une esplanade au niveau de l'accès principale comme un recule et espace de transition pour s'éloigner des voies mécaniques. -utiliser les arbres persistants au côté Nord et protéger les espaces extérieurs de repos et les parcours du soleil intense par des arbres à feuilles caduques et des pergolas.
Volumétrie et façade	-Volume compacte monobloc. -Utiliser des couleurs attractives pour attirer les enfants et claires pour réfléchir le rayonnement solaire. -Utiliser des formes curvilignes pour diminuer et distribuer et dévier les vents surtout du côté Nord. -Utiliser des protections solaires horizontales dans la façade Sud et verticales dans les façades Ouest et Est. -La Façade Ouest est fermée (peu d'ouvertures) pour éviter les tâches solaires.
Espace intérieur	-Exploiter de la lumière naturelle dans les salles de classe et les espaces intérieurs. -Orienter les espaces et surtout les salles de classe nord-sud. -Utiliser des dispositifs de control solaire et de lumière : brise soleil, lightshelves ...etc. pour l'occultation des ouvertures et/ou la réorientation et/ou la redistribution de la lumière pénétrant aux espaces. -Profiter de la ventilation naturelle pour rafraichir les espaces intérieurs. -Exploiter de l'énergie solaire. - Assurer la hiérarchisation spatiale active/calme. -Eloigner le terrain de sport pour éviter le bruit.
Matériaux de construction	- Utiliser des matériaux de terre disponible à la région. - Le vitrage isolant pour la continuité visuelle et la vue vers l'extérieur. - Assurer le confort acoustique à travers des matériaux isolants (traitement de sol et le type de vitrage).

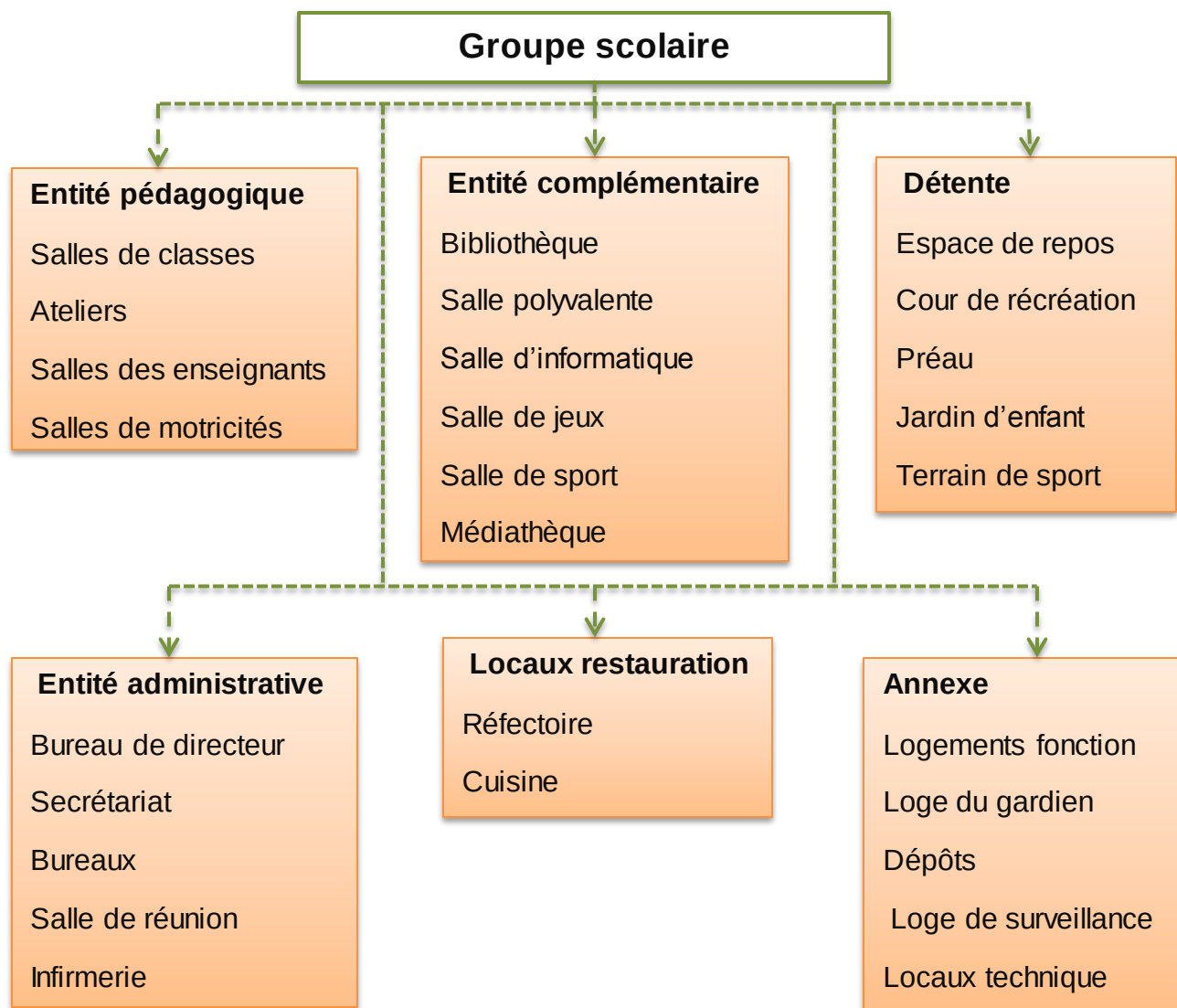
Etude programmation

III. Introduction :

Le programme est un moment en amont du projet, c'est une information obligatoire à travers laquelle l'architecture va pouvoir exister, c'est un point de départ mais aussi une phase préparatoire, c'est un instrument de dialogue entre les différentes phases.

Le programme d'une construction scolaire a pour finalité de transcrire le plus fidèlement possible les besoins des utilisateurs pour l'exercice des différentes activités pédagogiques. Les principaux critères retenus pour déterminer la taille et les programmes techniques des établissements scolaires, définissant des normes à respecter pour la conception des constructions scolaires d'enseignement fondamental.

III.1. Les entités d'un groupe scolaire :



III.2. Programme qualitatif :

III.2.1. Les exigences des espaces :

III.2.1.1 Salle de classe :

Est une salle où l'on pratique l'enseignement dans une école.

- Forme : n'est pas exigé soit (carré – rectangulaire...) doit être régulière.
- Surface : 60-72 m² (2m² par élève).²³
- Orientation : Nord –Sud.²⁴
- Couleur : claire et mate.
- Eclairage : naturel bilatéral
- Renouvellement d'air : 25 m³/h/pers.
- Humidité relative : 50-60%
- Hauteur sous plafond : 3m à 3.5m.
- Eclairage : 500 lux.
- Température : 20C°-23C° en hiver ; 23C°-26C° en été.²⁵
- Equipements : tables ; chaises ; tableau mural ; bureau de l'enseignant.
- Relation : *directe avec la cour de récréation et les sanitaires * indirecte avec l'administration et le réfectoire.



Figure III-1: Salle de classe.

Source : Google image.

1. La disposition spatiale des tables dans les salles de classe :

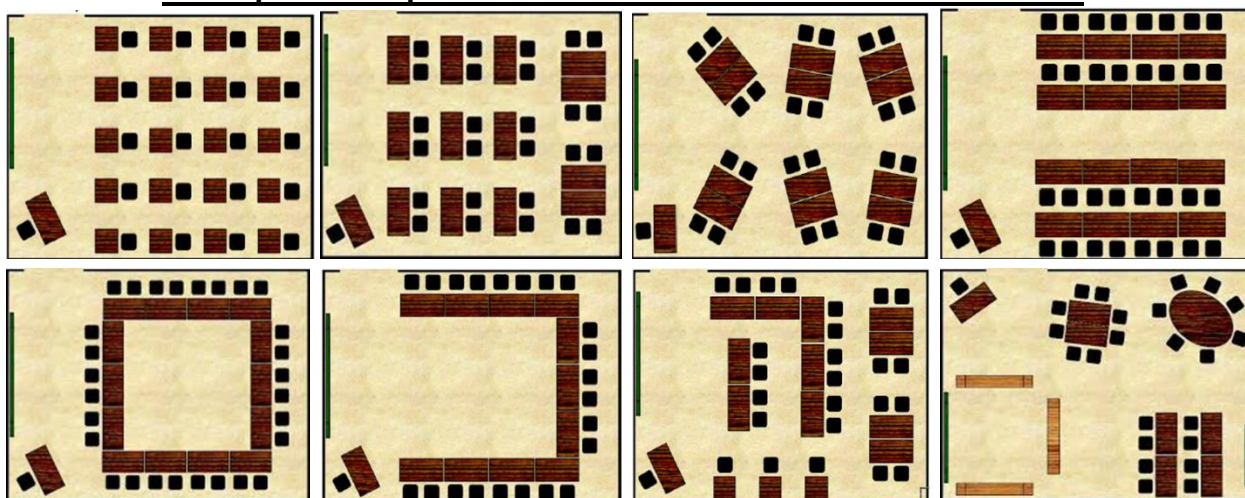


Figure III-2: Dispositions des tables dans les salles de classe.

Source : Mémoire de Master (l'aménagement de la salle de classe à l'école primaire.

²³ Source : les éléments de construction de projets ; Neufert ; 10 éme édition p248.

²⁴ Source : MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE Direction du Génie Scolaire NORMES DE CONSTRUCTION DES BATIMENTS SCOLAIRES juin 2013

²⁵ Source : Le guide : confort thermique à l'intérieur d'un établissement ; L'ASHRAE standard 1995 p.55a.

III.2.1.2 Ateliers d'apprentissages :

Des ateliers d'apprendre les différents notions d'écriture; dessin ; peinture; musique ; activités graphiques....

- Eclairage : naturel ; artificiel.
- Eclairement : 500 lux.
- Température : 22C°.
- renouvellement d'air :25m³/h/pers.



Figure III-3: Atelier d'apprentissage.

Source : Google image.

III.2.1.3 Salle polyvalent :

Les exposés ; Accueillir l'activité audio-visuelle ; Les schémas d'animation culturelle ; Accompagner les activités libres ; les jeux de manipulation /assemblage.

- Eclairage : naturel _ artificiel.
- Eclairement : 500 lux.
- Relation : direct avec la bibliothèque.
- renouvellement d'air :25m³/h/p



Figure III-4: Salle polyvalent. Google image

III.2.1.4 La bibliothèque :

Espace calme pour la lecture et consultation des informations.

- Eclairage : zénithale ; bilatérale
- Eclairement : 500 lux.
- Orientation : Nord est ; Nord-ouest.
- humidité relative : 50%
- Température : 22C°.
- Renouvellement d'air :25m³/h/pers
- Relation : direct avec les salles de classe et salle d'informatique.



Figure III-5 Bibliothèque.

Source : Google image.

III.2.1.5 Espace de repos (sommeil) :

Est un espace calme se distingue de l'espace où se déroule la sieste de l'après-midi.

❖ Il pourra être éloigné.

- Eclairage : naturel ; artificiel.
- Eclairement : 200 lux.
- Renouvellement d'air : 25m³/h/pe
- Température : 23C°.



Figure III-6: Espace de repos. Google image.

III.2.1.6 Vestiaires :

Des locaux aménagés dans les écoles en vue du dépôt des vêtements de dessus, des parapluies, des paniers, etc., des élèves.



Figure III-7: des vestiaires. Google image.

- Relation : direct avec les salles de classe.

III.2.1.7 Les sanitaires :

Ensemble des installations de propreté et d'hygiène sont implantées au niveau du R.D.C

- Il soit facilement accessible des salles de classe et de l'aire de création.
- Séparation entre filles et garçons par une cloison de 02m d'hauteur, formera un seul bloc avec des entrées différentes.
- Eclairage : 150- 300 lux.
- Renouvellement d'air : 30m³/h/pers.
 - Pour 40 garçons : 01 siège WC, 02 urinoirs.
 - Pour 20 filles : 01 siège WC.



Figure III-8: Les sanitaires.

Source : Google image.

1. Espace de change :

Un espace sanitaire intégrer (toilettes, WC.) Pour le change et le soin professionnel des petits enfants (les nourrissons) doit être proche et accessible.



Figure III-9 : espace de change. Google image

III.2.1.8 Salle des enseignants :

Espace de préparer les cours ou de corriger les devoirs.

- Eclairage : naturel ; artificiel.
- Eclairement : 500 lux.
- Renouvellement d'air : 25 m³/h/p
- Relation : directe avec l'administration et salles de classe.
- Température : 22C°.



Figure III-10 : Salle des enseignants. Google image

III.2.1.9 La cour de récréation :

La cour comme le préau doivent répondre aux besoins de détente et de jeux des élèves et aux exigences de surveillance et de sécurité. Il s'agit aussi pour ces moments à l'extérieur, de tenir compte de l'environnement climatique et des variations de température.

1. Préau :

Partie couverte d'une cour de récréation de l'école.



Figure III-11 Cour de récréation et préau.

Source : Google image.

III.2.1.10 Bureau de directeur :

Espace ou le directeur Diriger ; gérer ; contrôler

- Eclairage : naturel.
- Eclairement : 300 lux.
- Température : 22C°.
- Renouvellement d'air : 25m³/h/pe
- Relation : directe avec les autres bureaux.



Figure III-12 Bureau de directeur. Google image

III.2.1.11 Secrétariat :

Accueillir les visiteurs et travailler et aider le directeur.

- Eclairage : naturel.
- Eclairement : 300 lux.
- Température : 22C°
- Renouvellement d'air : 18m³/h/p
- Relation : directe avec bureau directeur.



Figure III-13 : Bureau de secrétariat. Google image

III.2.1.12 Bureau d'infirmierie :

- ✓ Accueillir les enfants malades.
- ✓ Effectuer les visites médicales.
- ✓ Traitement psychologique de l'enfant.
- Eclairage : naturel ; artificiel.
- Eclairement : 500 lux.
- Température : 22C°-23C°.
- Renouvellement d'air : 25m³/h/pe
- Relation : directe avec les salles de classe et les cours.



Figure III-14 : Bureau d'infirmierie.

Source : Google image

III.2.1.13 Bureau de psychologie :

Un espace concerne d'un Réseau d'Aides Spécialisées aux Elèves en Difficulté.

(Des mêmes exigences avec le bureau d'infirmierie).

III.2.1.14 Log de surveillance:

- Surveiller les entrées et les sorties.
- Assurer le contrôle des sorties et les entrées.
- Disposition : Au niveau de l'accès principale de l'école (RDC).
- Eclairage : naturel- artificiel.
- Relation : directe avec les entrées et le hall de réception.



Figure III-15 : Log de surveillance. Google image

III.2.1.15 Réfectoire (cantine) :

Prendre des repas.

- Eclairage : naturel- artificiel.
- Eclairiment : 500 lux.
- Renouvellement d'air : 30m³/h/per
- Température : 21C°.
- Relation : direct avec la cuisine et la cour de récréation.



Figure III-16: Cantine scolaire.

Source : Google image.

III.2.1.16 La cuisine :

- Préparer les repas.
- Laver les vaisselles.
- Distribuer les repas.
- Stoker les produit alimentaires.
- Eclairage : naturel ; artificiel.
- Eclairiment : 700 lux.
- Renouvellement d'air : 30m³/h/per
- Température : 19C°.
- Relation : directe avec la cantine et les dépôts et la chambre froide.



Figure III-17 : La cuisine scolaire.

Source : Google image.

III.2.2. Exigence de confort :

D'après les présentations qualitatives de chaque espace on va résumer dans le tableau suivant les exigences de confort de chaque entité :

Entité / confort	Température ambiante ²⁶	Niveau d'éclairement ²⁷	Ventilation /climatisation ²⁸
Entité Pédagogique	20 à 23,5 °C en hiver. 23 à 26 °C en été HR : 45 % à 50%.	Tableaux : 600Lux. Tables : 500 Lux.	25m³/h par personne
Entité administrative	20 à 23 °C.	500 Lux.	25m³/h par personne.
Entité complémentaire	20 à 23,5 °C en hiver. 23 à 26 °C en été	500Lux.	Entre 25 et 30m³/h par personne
Entité restauration	19 à 23 °C.	700 Lux.	30m³/h par personne. Avec ventilation mécanique
Service collectif (sanitaires)	22 à 26 °C hiver 23 à 30 °C été	200Lux	50m³/h par logette.

III.3. Le programme quantitatif :

Selon le programme officiel des écoles et le programme des exemples on a obtenu ce programme (voir l'annexe a ; b ; c).

Entité	Espace	Nom bre	Surface (m²)	Surface totale
Pédagogique	Entité primaire			898m²
	Salle de classe	06	62 m²	
	Salle des profs	01	46m²	
	Salle d'activité	01	220m²	
	Salle de musique	01	160m²	
	Sanitaires+ s profs	04	25m²	
	Entité maternelle			560m²
	Salle de lecture	05	64m²	
	Espace d'exposition	01	72m²	
	Espace de repos	02	56m²	
	Sanitaires+ Es change	02	28m²	

²⁶ Source : Guide : confort thermique à l'intérieur d'un établissement d'après ASHRAE P9.

²⁷ Source : Guide : LUX la revue de l'éclairage (cahier technique). P48.

²⁸ Source : Guide : la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant au public p11.

	Circulation	/	375m ²	375m²
Réception	Log de gardien	01	23m ²	363m²
	Bureau surveillance	01	30m ²	
	Bureau psychologie	01	32m ²	
	Infirmierie	01	28m ²	
	Espace de vente (livres)	01	25m ²	
	Salle pour les parents	01	25m ²	
	circulation	/	200m ²	
Complémentaire	Médiathèque	01	87m ²	343m²
	Salle informatique	01	54m ²	
	Bibliothèque	01	63m ²	
	Atelier de science	01	55m ²	
	Atelier d'apprentissage	01	84m ²	
Détente	Cour de récréation P	01	800m ²	7100.9m²
	Cour récréation M	01	470m ²	
	Préau	01	200m ²	
	Jardin d'enfant	01	2025m ²	
	Terrasse jardin	01	380m ²	
	Salle de sport	01	312.5m ²	
	Terrain de sport	01	445m ²	
	Théâtre en plein air	01	383.4m ²	
	Espace d'attente plein air	/	2085m ²	
administration	Bureau directeur	01	45m ²	485m²
	Secrétariat +attente	01	45m ²	
	Salle de réunion	01	120m ²	
	Bureau comptable	01	43m ²	
	Bureau économie	02	36m ²	
	Salle d'enseignants	01	38m ²	
	Bureau d'archive	01	26m ²	
	Sanitaires	01	12m ²	
	Circulation	/	84m ²	
Restauration	Cuisine	01	65m ²	
	Cantine	02	95/85m ²	

	Chambre froide	01	7m ²	322.95m²
	Vestiaire	01	7,65m ²	
	Bureau de contrôle	01	8,30m ²	
	Sanitaires	02	15m ²	
	circulation	/	25m ²	
Annexe	Dépôt	01	14m ²	1545m²
	Logement de fonction(F4)	03	150m ²	
	Local technique	/	140m ²	
	Parking	01	617m ²	
	Stationnement service	01	324m ²	

La surface bâtie : 5483m²

La surface non bâtie : 10102m²

La surface générale : 15585m²

La conception bioclimatique en particulier et la conception architecturale en général se fonde sur l'évaluation et l'intégration de tous les différents critères de conception qu'ils soient qualitatifs ou quantitatifs sans oublier les exigences du confort.

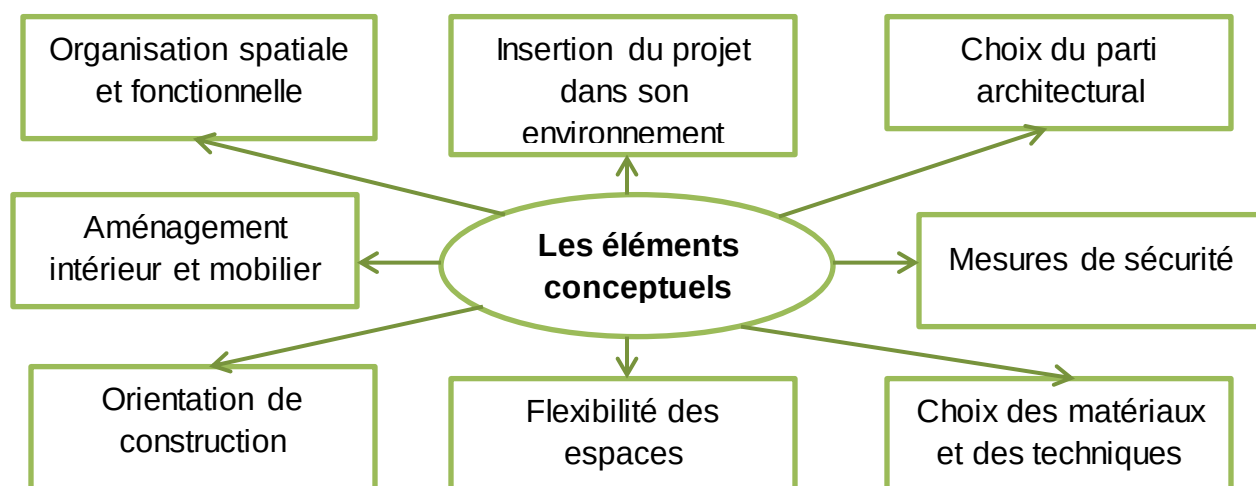
Etude architecturale

IV.Introduction :

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'espace.

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 avec des paramètres bioclimatiques.

IV.1. Les principaux éléments conceptuels :



IV.1.1. Les conditions essentielles d'une bonne architecture scolaire :

- ✚ L'enfant est le sujet et non l'objet de l'éducation et l'architecture doit être à son échelle, il faut donc éviter les bâtiments monumentaux.
- ✚ L'architecture doit s'adapter à une grande variété de situations pédagogiques, il faut donc une disposition souple et différenciées des locaux adaptés à chaque âge et type d'enseignement.
- ✚ Un bâtiment scolaire à simple rez-de-chaussée correspond parfaitement aux exigences de l'hygiène et de la pédagogie pour l'intimité de son échelle et une liaison harmonieuse entre classe jardin.

✚ L'école doit être en harmonie avec la nature.

IV.1.2.La conception des bâtiments scolaires :

Les recommandations émises par le ministère de l'éducation en matière de conception architecturale des établissements scolaires sont principalement :

- ❖ L'implantation: le bâtiment soit construit au centre de la zone la plus peuplée. Le terrain d'implantation doit être constructible, libre de mitoyennetés et de servitudes. Il doit être aussi éloigné des voies à grande circulation, des sources de pollutions et de bruits afin de garantir les meilleures conditions de sécurité et d'hygiène.
- ❖ Flexibilité:
 - ✓ L'extension : dans la phase de l'esquisse, doit prévoir un agrandissement de 20 à 30 % de la surface définie au programme et de réserver le terrain nécessaire
 - ✓ La polyvalence : la conception des locaux doit permettre d'accueillir des activités diverses sans entraîner des modifications dans la construction.
 - ✓ La reconversion : les transformations intérieures
- ❖ Densité de plan de masse: Il faut rechercher la concentration des locaux en vue d'obtenir une structure ramassée sans pour autant que cela nuise aux aspects fonctionnels.
- ❖ L'orientation: selon les conditions climatiques et de site En générale, les locaux d'enseignement seront orientés Nord-Sud. Cette disposition permet de diminuer les effets de l'ensoleillement en saison chaude
- ❖ Hauteur de bâtiment: Pour des raisons de sécurité, facilité et bon fonctionnement, la hauteur des bâtiments ne dépassera pas 2 niveaux (R+1). Les zones fortement urbanisées atteindre 3 niveaux (R+2).

IV.1.3.La conception de la salle de cours :

- La forme de la salle régulière.
- La surface modulaire de la salle de classe est estimée entre 60m² à 62m² avec une surface utile correspondante qui ne doit pas être inférieure à 56m².
- La hauteur sous plafond est en minimum 3m et ne dépassera en aucun cas 3.50m.
- La surface utile par élève est de: 1,50 m² à 2,00m²
- Le volume l'air exigé est de 4 à 6 m³ par élève.
- La surface des espaces de récréation est 3 à 5 m² par élève.

❖ Les ouvertures :

- ✓ Les portes : l'entrée de la salle de cours se situera de préférence du côté du tableau, la porte doit être pleine avec un seul vantail (2mx 0.9m), s'ouvrant vers l'extérieur.
- ✓ Les fenêtres: afin de concilier les contraintes climatiques et les exigences de l'éclairage, la surface vitrée variera selon les régions de 10 à 15 % du plancher. L'éclairage bilatéral est recommandé, il offre un meilleur éclairement, une bonne répartition de la lumière et une ventilation transversale efficace.
- ✓ Les Revêtements: Les revêtements du sol doivent être antidérapants, étanches, et résistants aux variations de températures, aux chocs. Les revêtements des murs et des plafonds doivent être choisis de couleurs claires, et ne doivent pas être accrochables aux poussières. Les plafonds seront plans, unis et sans corniches.

IV.2. La genèse de projet :

IV.2.1.Présentation de terrain d'intervention :

IV.2.1.1 La situation et l'accessibilité :

Le site d'intervention est situé dans la partie nord de la ville de Laghouat, dans le quartier oasis nord, d'une zone résidentielle.la nouvelle extension d'ELMARDJA.

Accessibilité:

- La route nationale N°01.
- Voie principale.
- Voie secondaire.
- Voie tertiaire.
- Route périphérique.
- Site d'intervention.

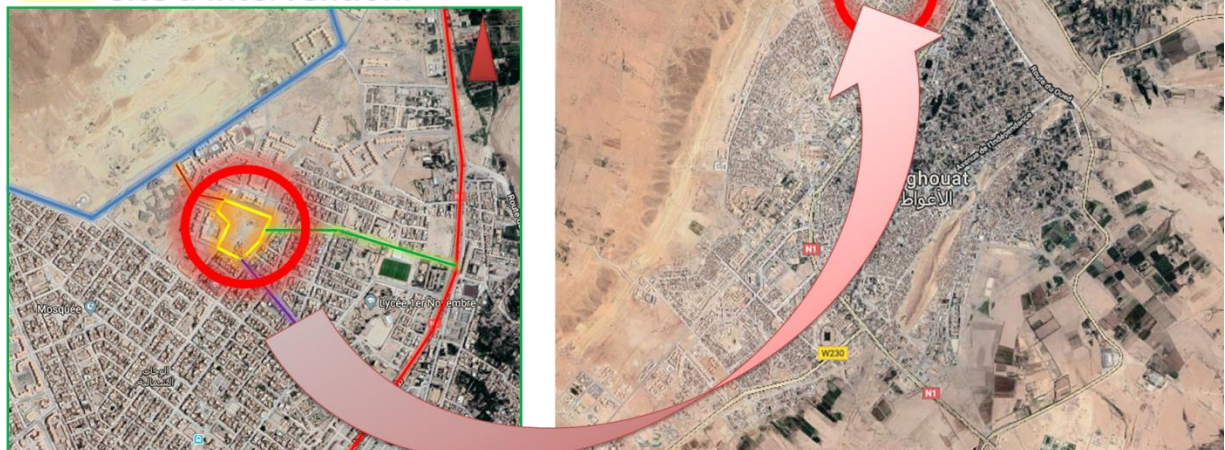


Figure IV-1: Situation et accessibilité de site d'intervention.

Source : Google Earth.

IV.2.1.2 Présentation de terrain :

Le terrain à une forme pentagone irrégulière avec une superficie de 9294,72m².

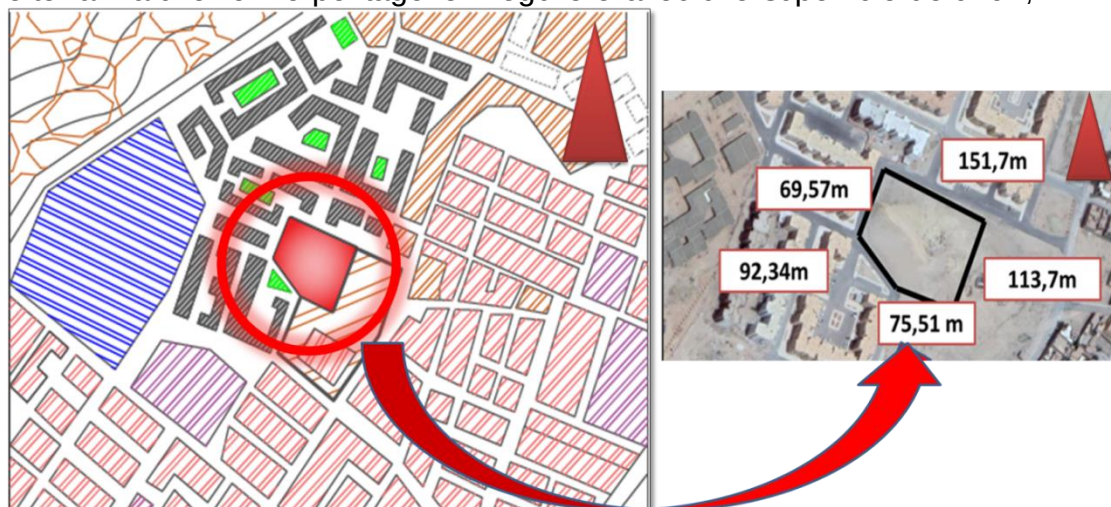


Figure IV-2: Présentation de terrain.

Source : Auteurs.

1. Les données climatiques de terrain :

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 décembre	8:00	119.3°	1.00°
	12:00	167.2°	31.9°
	16:00	-134.5°	16.9°

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 juin	8:00	80.4°	24.2°
	12:00	132.5°	72.2°
	16:00	-95.5°	47.4°

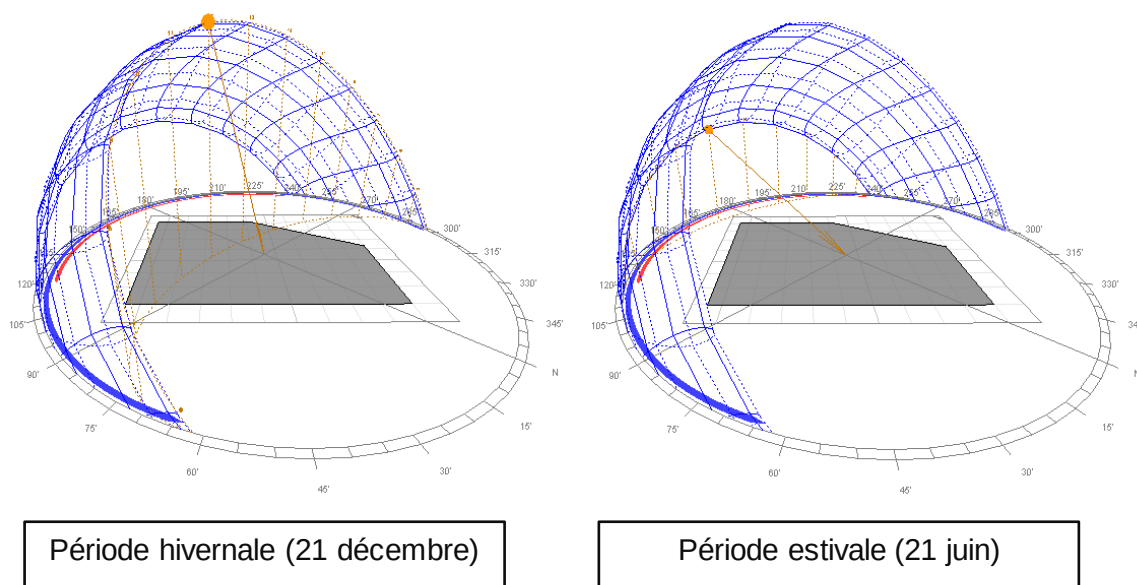


Figure IV-3: Les données climatiques de terrain.

Source : Auteurs.

IV.2.2. Matérialisation et les étapes de projet :

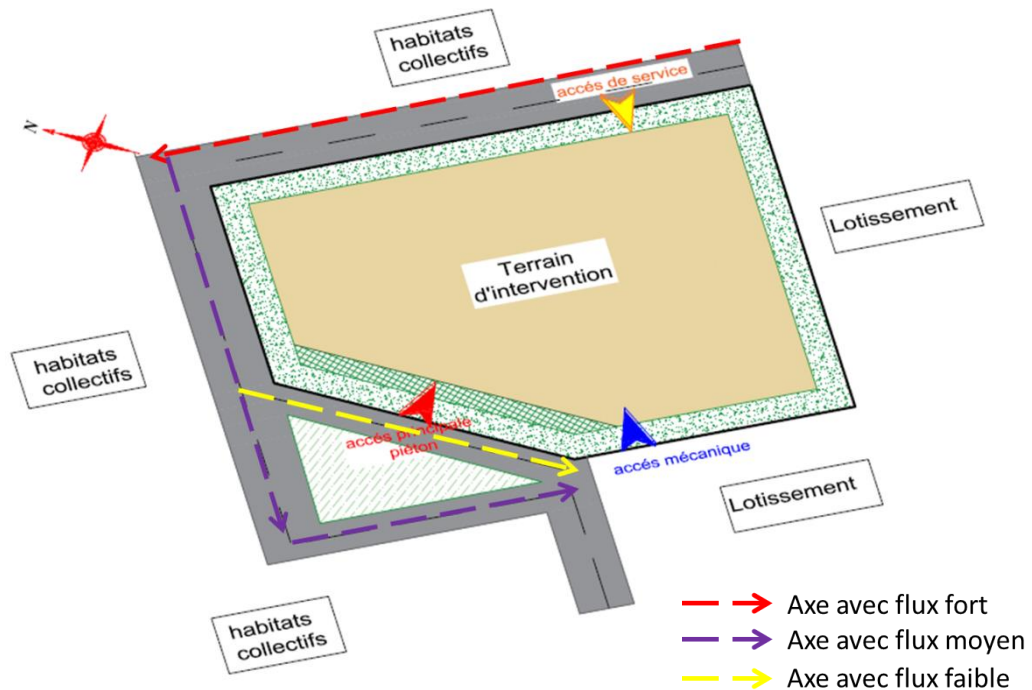
1. Choix des accès :

Figure IV-4: Choix des accès de projet.

Source : Auteurs.

- ✚ Accès principale au niveau de la zone calme (la voie avec un flux faible) pour la sécurité des écoliers.
- ✚ Diminuer le terrain pour implanter une ceinture verte au périphérique de projet comme écran sonore et pour limiter le terrain.
- ✚ Création d'un recule de 10m de la façade principale avec un espace d'attente.
- ✚ Accès de service éloigné au niveau de la partie postérieure articulé avec la voie mécanique.
- ✚ Accès mécanique au niveau de la façade latérale (sud) où sera le parking pour le stationnement (limité la circulation mécanique).

2. Mode d'occupation :

- ✚ Le bâti prend une forme monobloc positionné au milieu de terrain; pour protéger l'espace bâti avec l'espace non bâti et s'éloigner du bruit extérieur.
- ✚ Prolongation le bâti selon l'axe Est-Ouest qui articulé l'accès principale avec l'accès de service cette implantation donne l'orientation Nord-Sud au projet. ; cette direction représenter l'axe d'hierarchie.

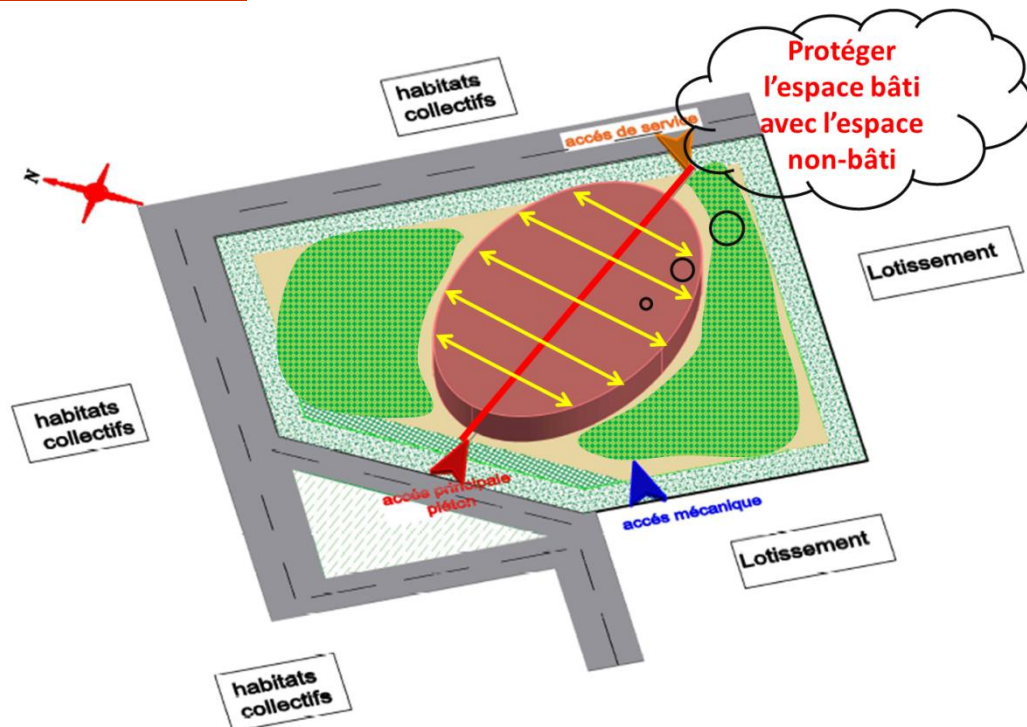


Figure IV-5: Mode d'occupation de projet.

Source : Auteurs

3. Création d'espace non bâti au milieu de la masse bâtie :

- ✚ Créer un espace non bâti au milieu de la masse bâti; c'est une cour de récupération pour des raisons sanitaires; d'aération et d'éclairage naturel indirect
- ✚ Inspirer de l'architecture local (l'introvertie).
- ✚ Faire une Auto clôture au la masse bâti (fait lui-même la clôture) pour des raisons de sécurité.

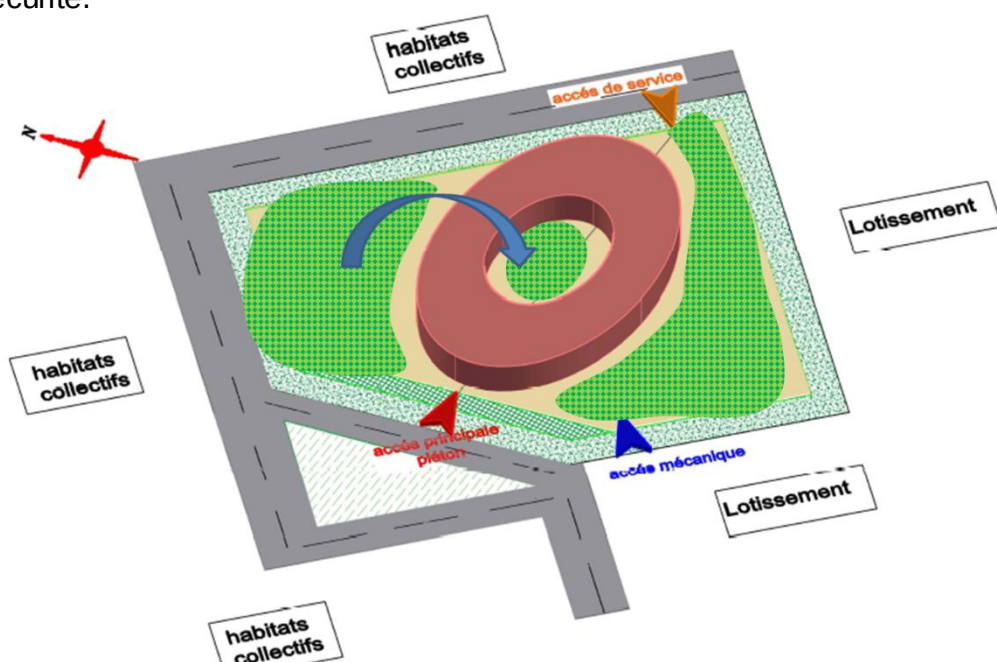


Figure IV-6: Création de cour au milieu de projet.

Source : Auteurs.

4. Zoning :

4.(a). Répartition des entités principales :

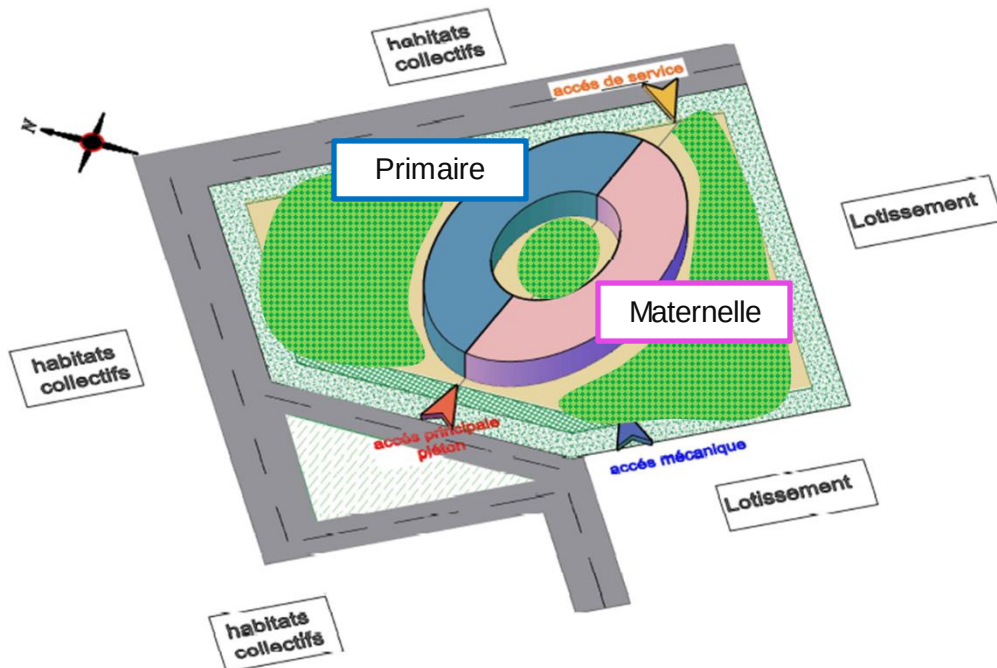


Figure IV-7: Zoning (création des entités principales).

Source : Auteurs.

- ✚ On a réparti le projet en deux entités principales (maternelle et primaire):
- ✚ L'entité primaire dans le côté Nord pour un éclairage uniforme des salles de classe.
- ✚ L'entité maternelle dans le côté Sud pour bénéficier des rayons solaires.
- ✚ Ces deux entités sont articulées et séparées par des entités communes.

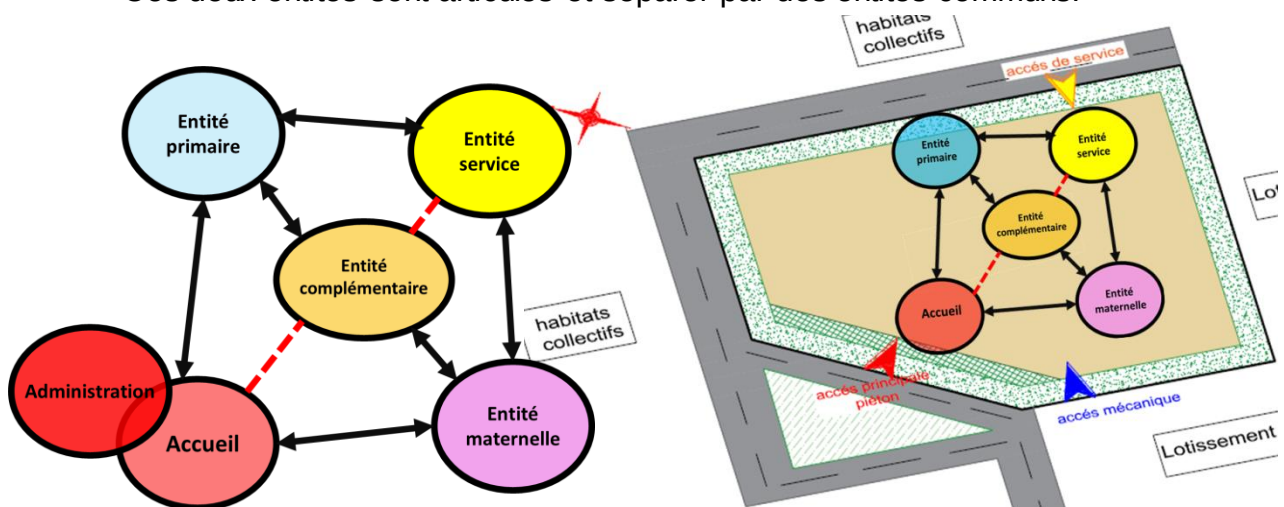


Figure IV-8: Organigramme.

Source : Auteurs.

4.(b). Répartition des entités communes :

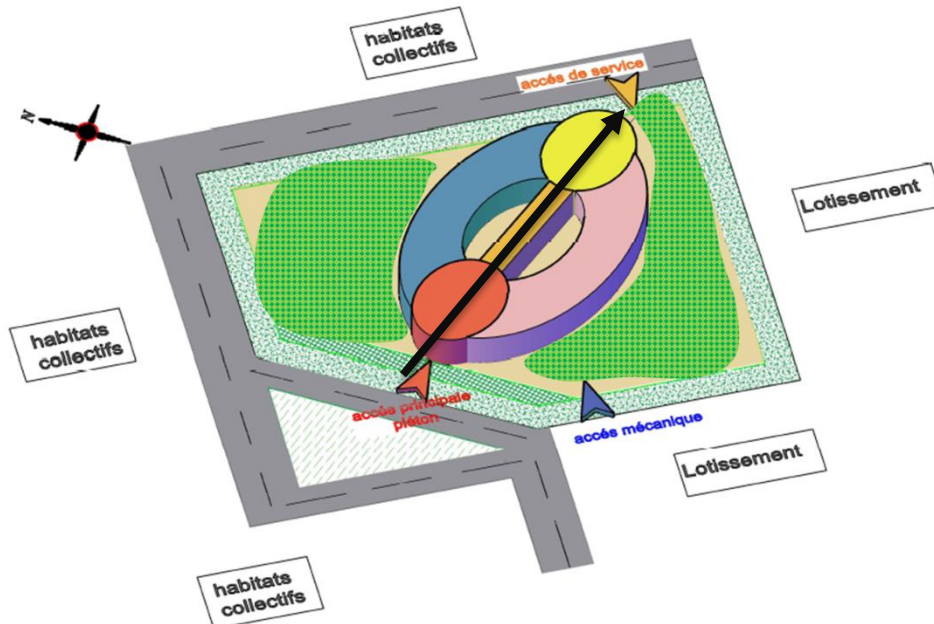


Figure IV-9: Répartition des entités communes.

Source : Auteurs

- Évolution des espaces communs selon l'axe d'hiérarchie : commence par l'accueil au niveau d'accès principal et les espaces complémentaires au milieu et la restauration au niveau d'accès de service (partie postérieure).
- Selon l'axe d'hiérarchie cette organisation nous permet de diviser la cour entre l'entité primaire et l'entité maternelle.

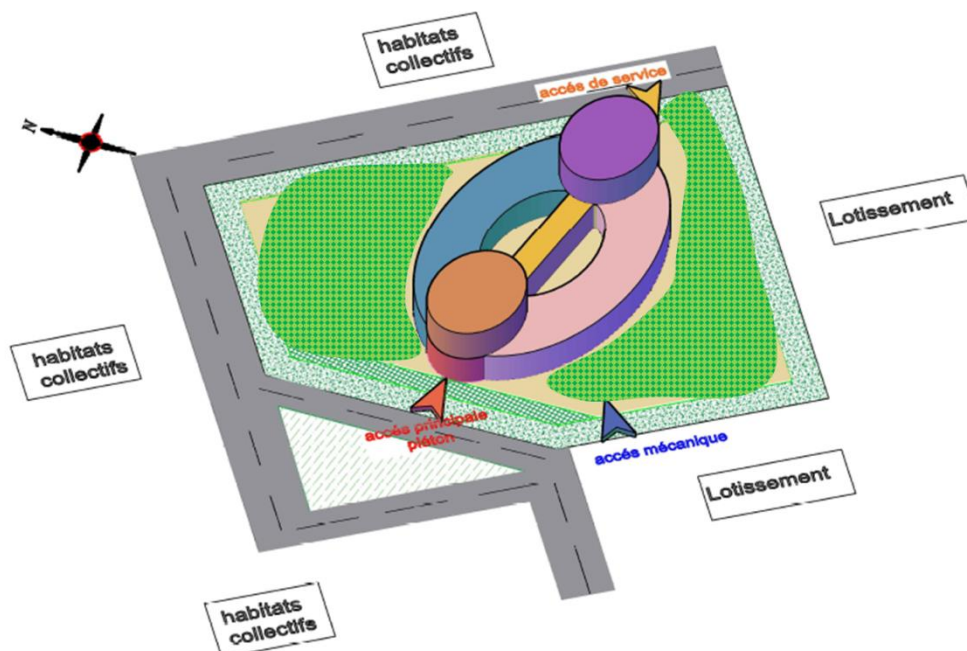
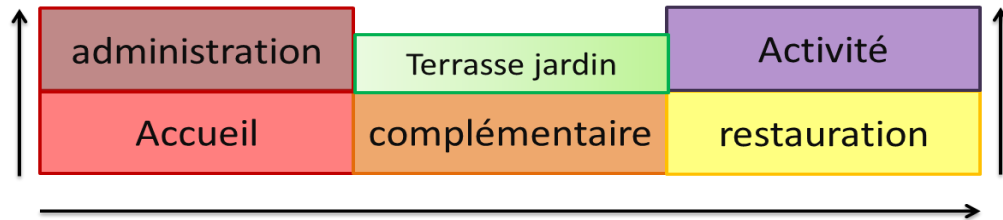


Figure IV-10: Répartition des entités communes (étage).

Source : Auteurs

- ✚ positionner l'administration au-dessus de la réception.
- ✚ positionner les espaces d'activités au-dessus de la restauration.
- ✚ positionner le jardin terrasse au-dessus les espaces complémentaires.



4.(c). Création des annexes et des zones de stationnement :

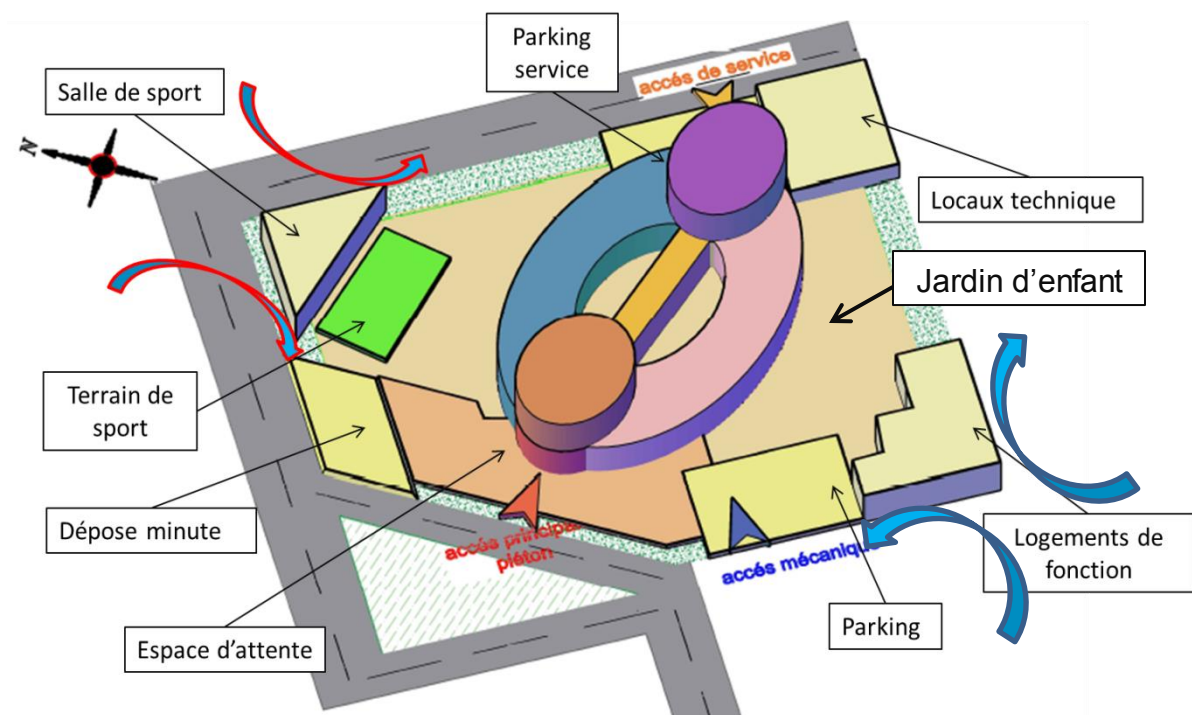


Figure IV-11: Zoning (vue 3D).

Source : Auteurs.

- ✚ Occuper les espaces extérieurs au côté Nord par la salle de sport et côté sud par logements de fonction .ses volumes équilibrer la direction perpendiculaire des autres entités et délimité le projet.
- ✚ La salle de sport participe la division des vents indésirables d'hiver.
- ✚ Les locaux techniques positionnés dans la partie postérieure à coté de service.
- ✚ Le parking se trouve à côté de l'axe mécanique proche d'entrée principale pour limiter la circulation mécanique. (tous ses parcours des zones de stationnement sont traités en pavé écologique).

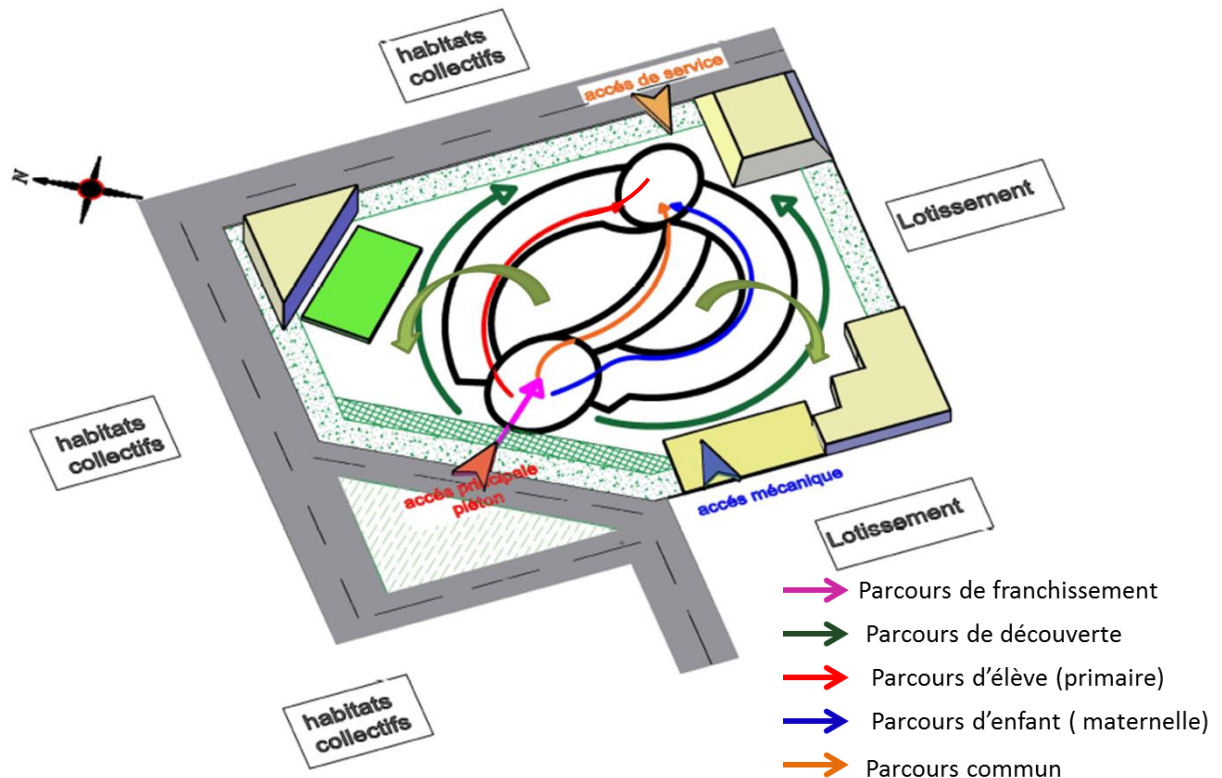
6. Les parcours :

Figure IV-13: Les parcours.

Source : Auteurs.

- Les parcours extérieurs:

- ✚ Parcours de franchissement par l'accès principal vers l'entrée principale.
- ✚ parcours de découvert périphérique de projet (les espaces extérieurs)

- Les parcours intérieurs:

- ✚ Parcours d'élève (primaire).
- ✚ Parcours d'enfant (maternelle).
- ✚ Chaque parcours situé et articulé entre les espaces et la cour (ces espaces de circulation jouent le rôle d'un espace tampon).
- ✚ Les deux parcours ont le même point de départ (réception) et le même point d'arrivée la restauration au niveau des points d'articulation on positionné les escaliers.
- ✚ Parcours commun (jardin terrasse par des escaliers).
- ✚ Parcours d'articulation intérieur et extérieur pour des raisons fonctionnels et comme issus de secours.

7. sous-zoning :

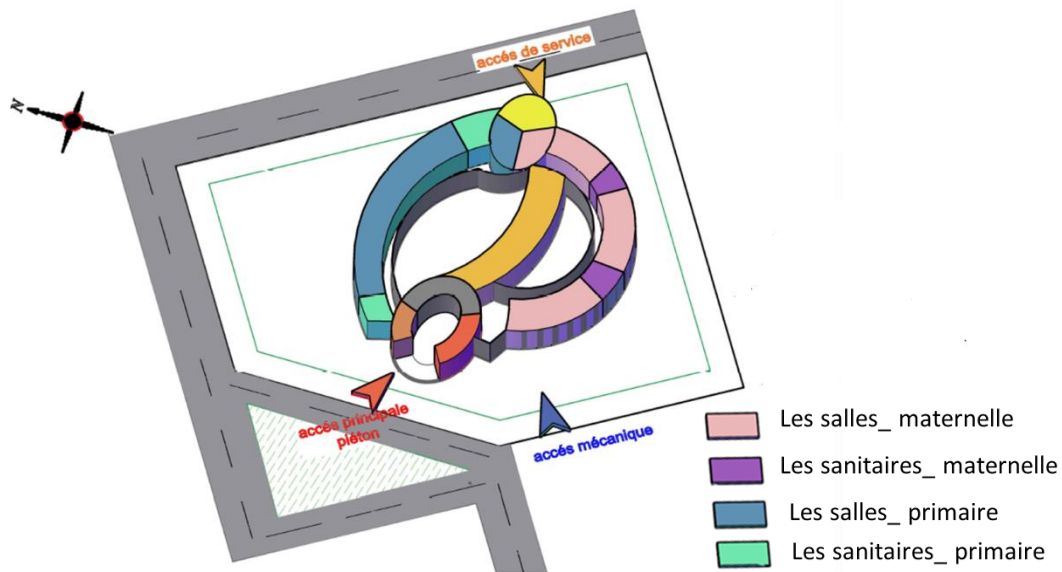
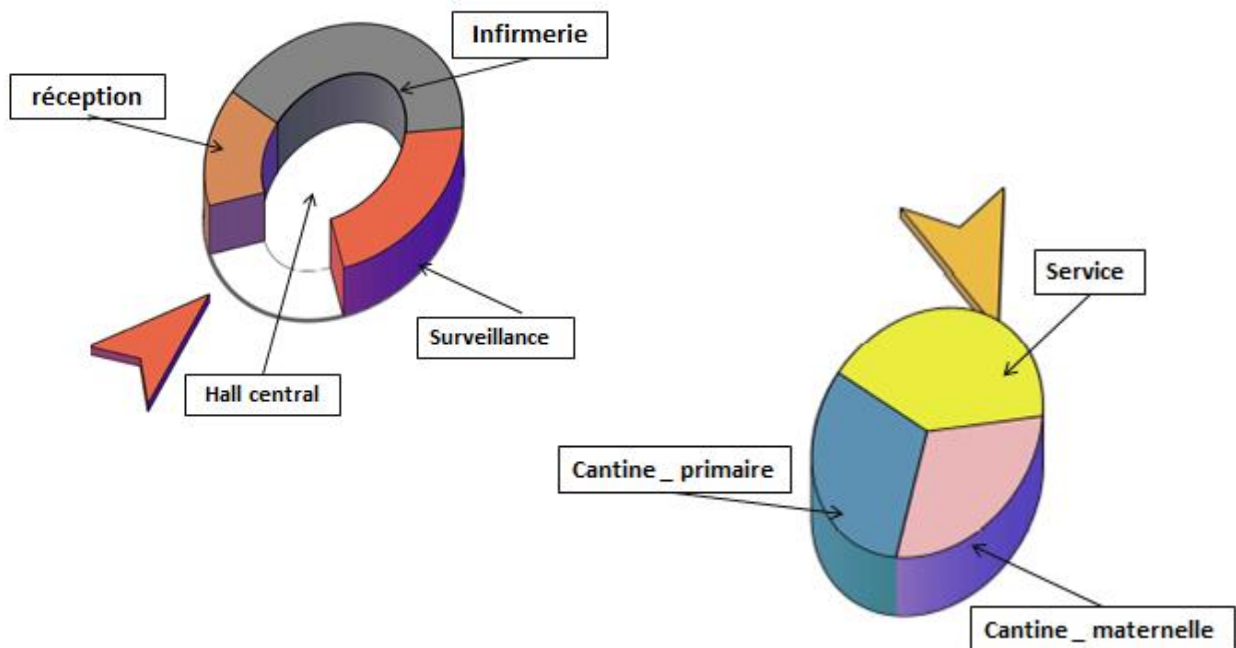


Figure IV-14 Sous Zoning des entités.

Source : Auteurs.

- ✚ Pour le sous zoning des entités suivantes:
- ✚ Entité primaire: les salles de classe au milieu et les sanitaires à l'extrémité.
- ✚ Entité maternelle: les salles et les sanitaires dispositions alternatives.
- ✚ Entité accueil: la réception et l'orientation juste à côté de l'entrée principale.
- ✚ entité restauration: contient deux cantines pour les entités (primaire et maternelle) avec un espace de service commun (cuisine; vestiaire; dépôts...).



8. La forme et volume :

8.(a). Forme :

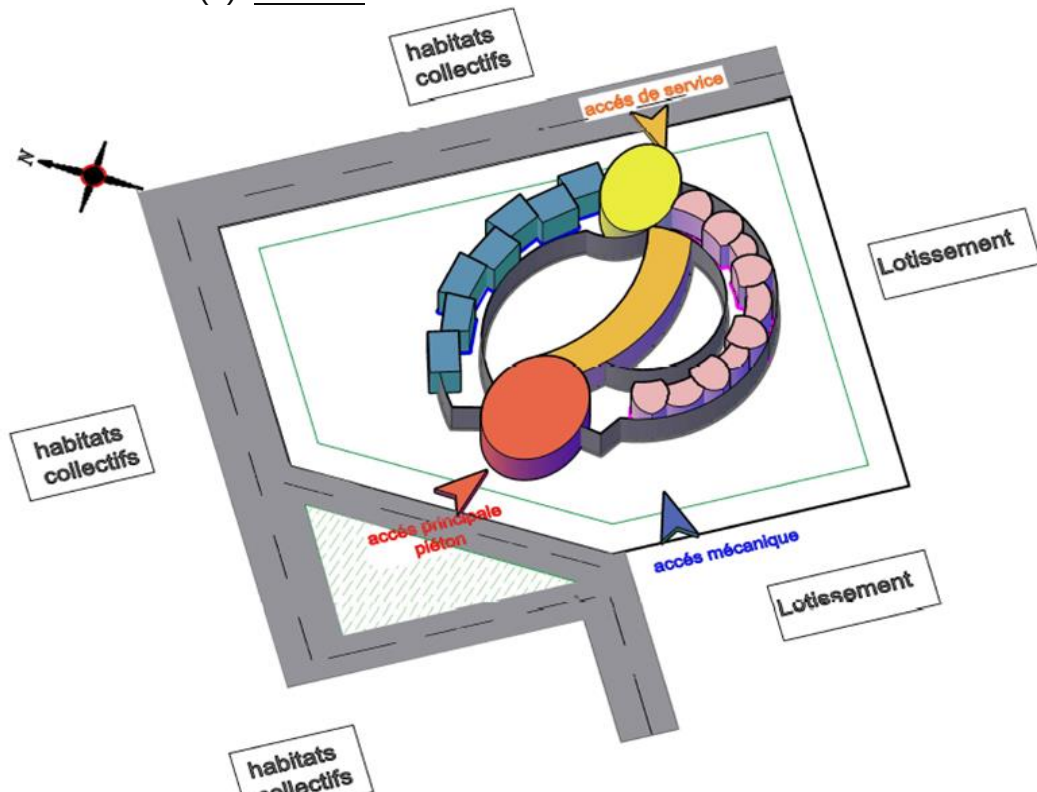
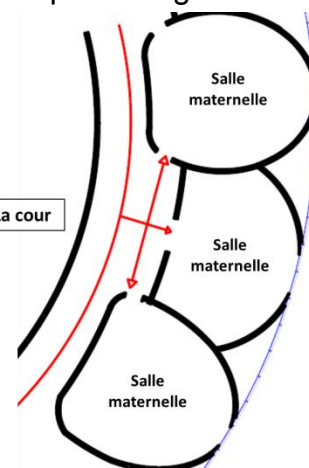
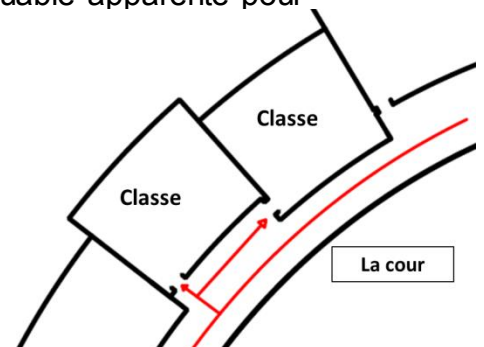


Figure IV-15: forme des salles de classe.

Source : Auteurs.

- La forme d'accueil prend une forme elliptique remarquable apparente pour marquer l'entrée principale à partir l'extérieur.
- L'entité primaire selon la méthode pédagogique traditionnelle utilisée dans les écoles les salles de classe prennent une forme régulière en parallèle des parcours pour distribuer les flux et diminuer les bruits dus au déplacement des élèves.
- Les classes sont organisés d'une façon alternative et pour éloigner l'entrée des salles du couloir principal.
- La cantine : prend une forme elliptique pour équilibré la forme d'accueil.
 - Pour maternelle selon la nature des activités au niveau des espaces maternelle il prend une forme arrondie fluide libre.



8.(b). Volume :

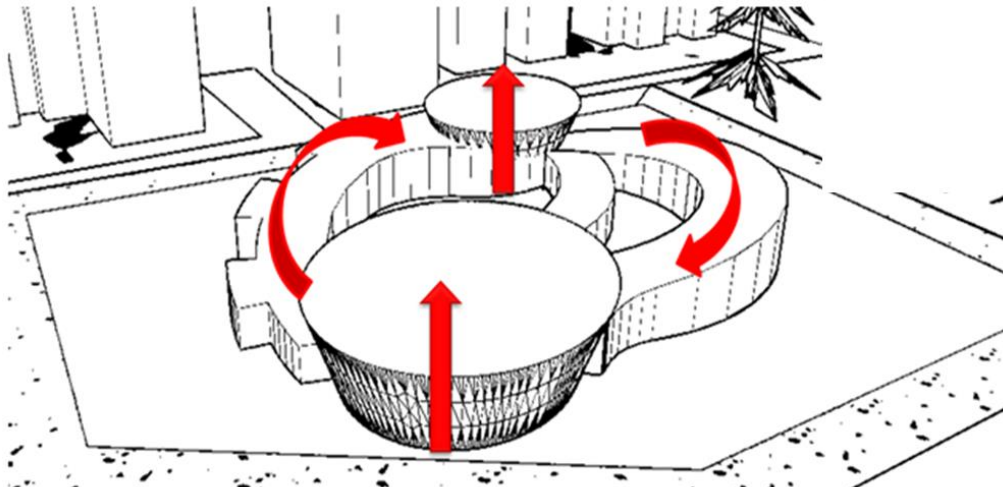


Figure IV-16: le volume et les différents niveaux.

Source : Auteurs.

- ✚ Jouer avec les hauteurs créer des rampes aux niveaux des toitures les entités pédagogiques (maternelle et primaire) l'un inverse l'autre selon les niveaux des classes (le petit jusqu'à le grand).
- ✚ Pour les autres entités (administration et restauration) un niveau de R+1 avec volume d'un cône elliptique inclinaison au niveau des murs.
- ✚ La salle de sport et logement de fonction en forme régulière statique pour équilibrer la forme arrondie du projet.

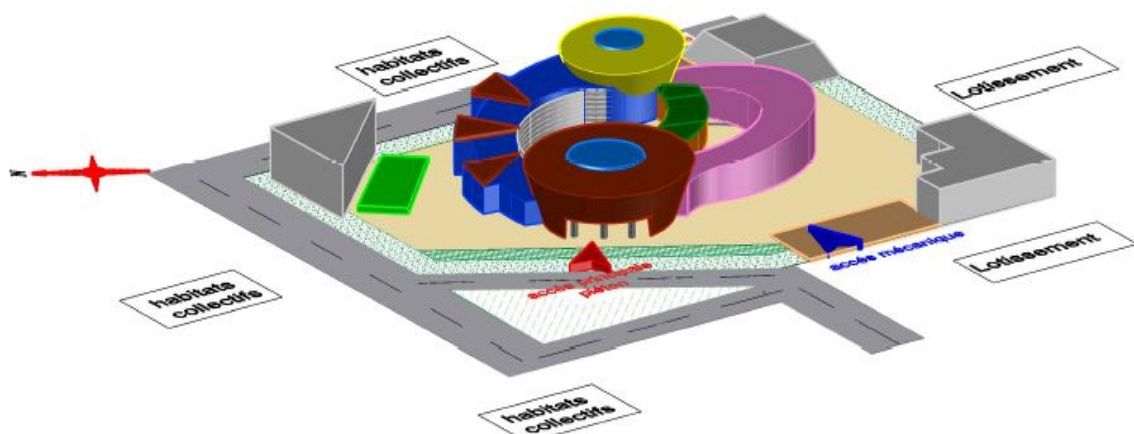


Figure IV-17: Le volume.

Source : Auteurs.

- ✚ Marquer l'entrée principale avec un geste d'accueil en créant un dynamisme dans les façades par des décrochements (coté primaire) et des formes circulaires (coté maternelle).

- Assurer la ventilation et l'éclairage naturel par des atriums permet de maximiser les apports d'énergie naturel pour la réception; administration et restauration.

9. Aménagement extérieurs :

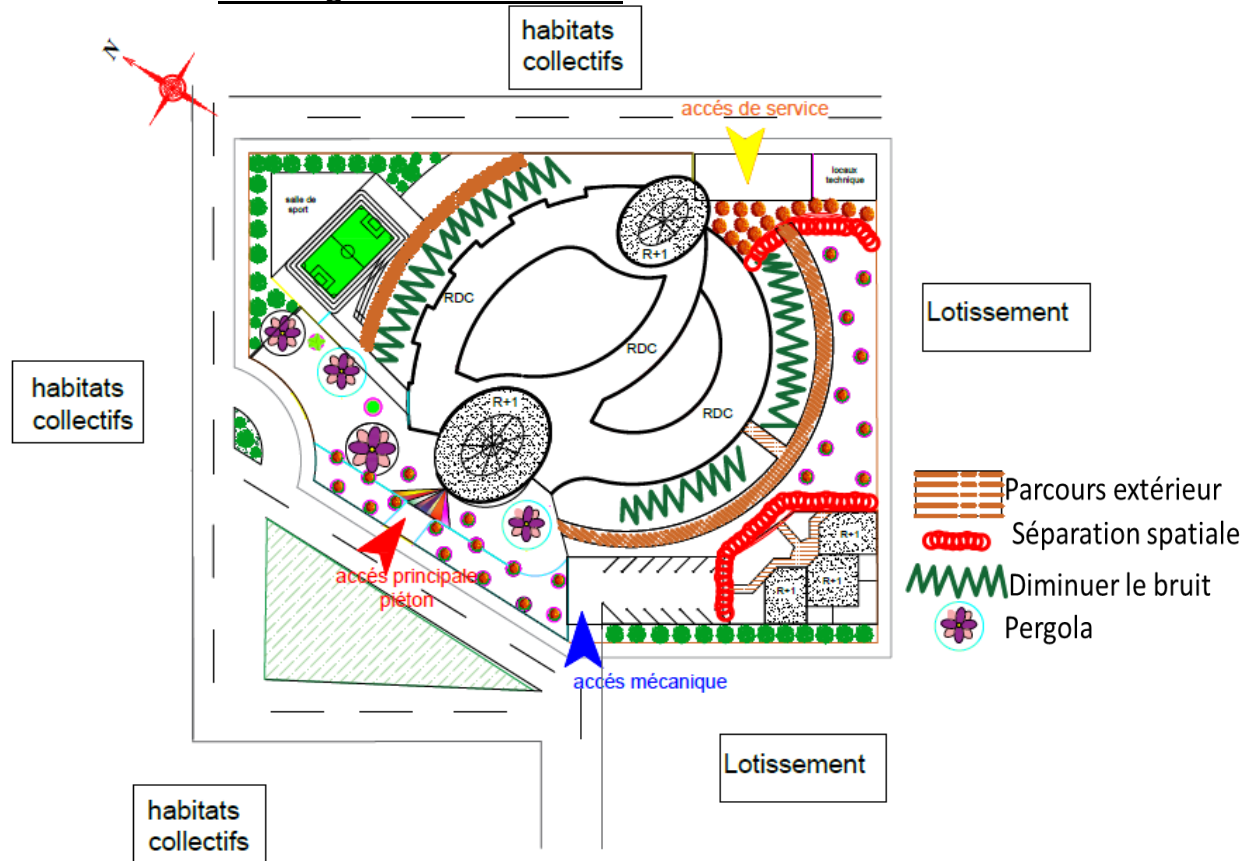


Figure IV-18: Aménagement Extérieur.

Source : Auteurs.

- Une esplanade juste côté de l'entrée principale comme un recule de sécurité d'enfant et aussi comme un espace d'attente des parents.
- Jardin d'enfant : c'est une extension de la partie maternelle contient des espaces de jeux.
- Une bande verte qui contient des végétations à des feuilles persistants dans le coté de l'entité primaire (côté Nord).
- Un petit espace de stationnement et de livraison dans le coté de restauration proche de l'entrée mécanique de service. Plus un local technique
- Pour les deux cours sont intégrés au milieu de bâti (auto clôture).
- Une clôture verte de projet (murs arbustes) pour créer un microclimat et protéger le bâti et ses espaces extérieurs.
- Créer des parcours extérieurs protégés par des feuilles caduques et des pergolas verts et séparation spatiale entre logement fonction et jardin d'enfant.

IV.3. La conception de projet :

IV.3.1. Le plan de masse :

Le pourcentage d'occupation de sol du projet école primaire et maternelle.

- Espace bâti : 5483 m².
- Espace non bâti : 10102 m².

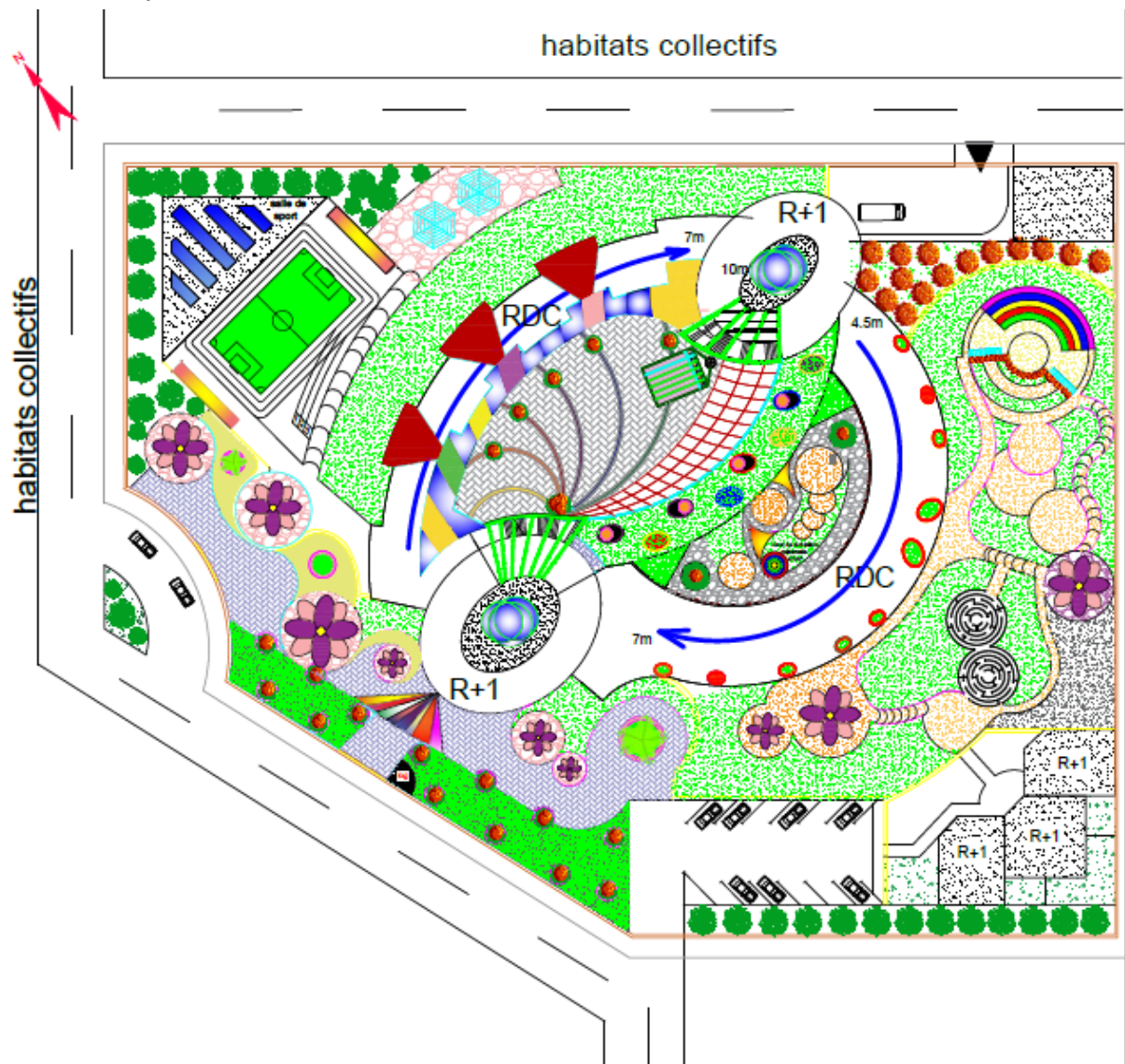


Figure IV-19: Plan de masse de projet.

Source : Auteurs.

1. Aménagement de plan de masse :

L'aménagement extérieure est conçu d'une façon de faciliter le déplacement entre le projet et les espaces urbain qui l'entouré (le parking – espace vert...) par des parcours de découvert de projet.

1.(a). Espace d'attente :

Créer d'espace d'attente pour les parents proche de l'entrée principale et comme un recul de sécurité pour les élèves aménagé avec des pergolas et des chaises.



Figure IV-20: Espace d'attente.

Source : Auteurs.

1.(b). Le parking :

Pour le stationnement des véhicules couvert avec intégration des panneaux photovoltaïques



Figure IV-21: Parking.

Source : Auteurs.

1.(c). Les passages verts :

Des passages en forme des arcades servir avec des plantes grimpantes pour protéger contre les rayons solaires.



Figure IV-22: Passage vert.

Source : Auteurs.

1.(d). Espace de sport :

Contient une salle de sport et un terrain de sport avec un parcours de jogging pour les cours.



Figure IV-23: Salle et terrain de sport.

Source : Auteurs.

1.(e). Jardin d'enfant :

Contient espace de jeux et des labyrinthes avec un amphithéâtre.



Figure IV-24: Vue sur jardin d'enfant.

Source : Auteurs.

Quelque vue de 3D de plan de masse :



Figure IV-25: Vue de 3D plan de masse.

Source : Auteurs.



Figure IV-26 : Vue sur la partie primaire.

Source : Auteurs.



Figure IV-27: Vue sur la partie maternelle.

Source : Auteurs.

Les vues 3D sur les cours de récréation :



Figure IV-28 Vue sur les cours de récréation.

Source : Auteurs.



Figure IV-29 : Vue sur la cour maternelle.

Source : Auteurs.



Figure IV-30 : Vue sur terrasse jardin.

Source : Auteurs.

IV.3.2. Les plans intérieurs :

IV.3.2.1 Organisation intérieur :

- ❖ L'organisation centrale radiale assurée par un hall commun vers toutes les entités.
- ❖ L'organisation latérale vers les salles de classe.

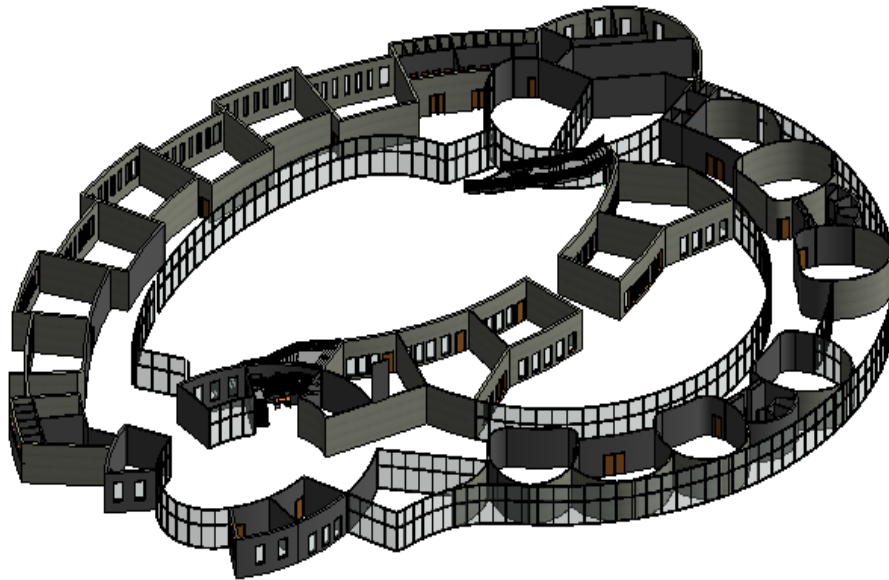


Figure IV-31 : Vue 3D d'intérieur.

Source : Auteurs.

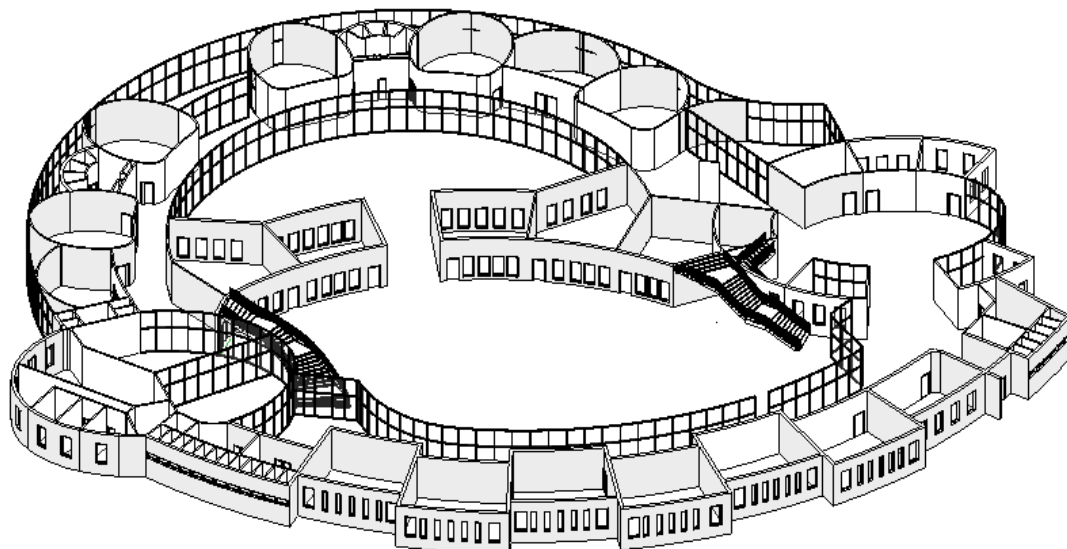
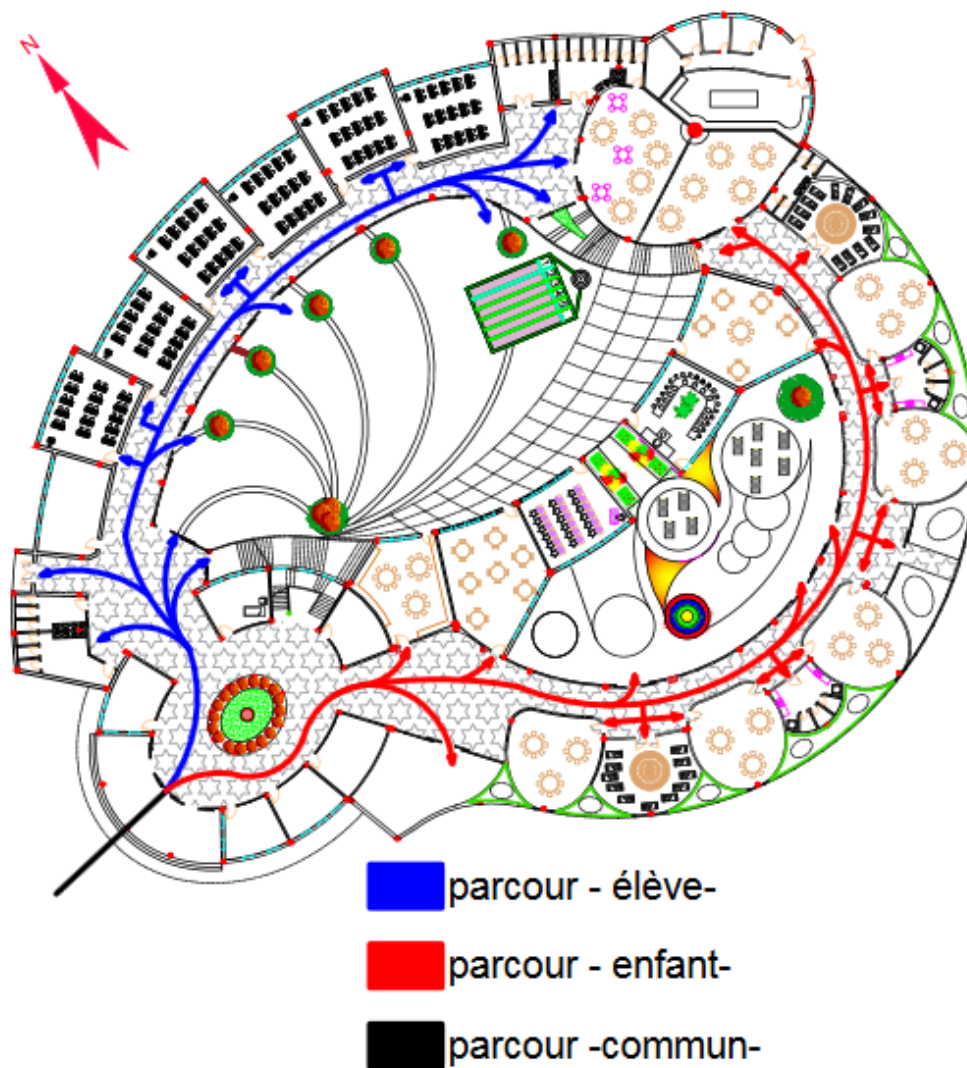


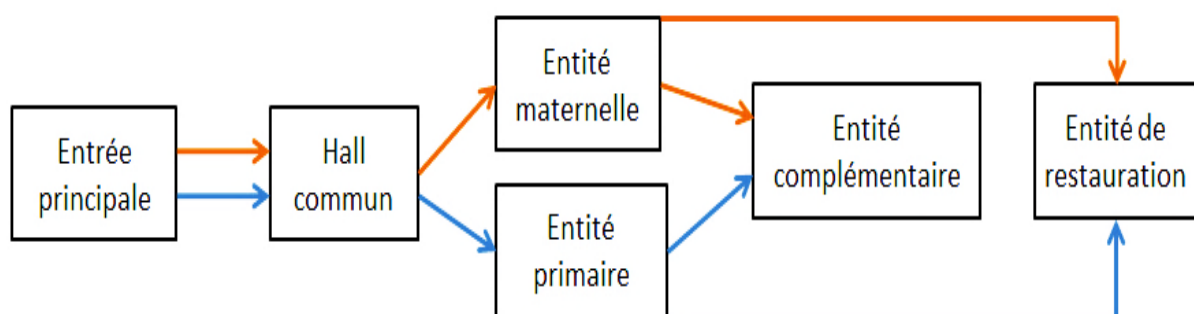
Figure IV-32 : Vue 3D sur les escaliers.

Source : Auteurs.

IV.3.2.2 Les parcours intérieurs :



1. La hiérarchisation des espaces :



IV.3.2.3 La circulation intérieure :

- ❖ La circulation horizontale assure par : hall ; des couloirs ; des dégagements.
- ❖ La circulation verticale assure par : des escaliers.
 - ✓ Escalier pour les élèves vers le premier étage (entité activité)
 - ✓ Escalier pour la terrasse jardin.
 - ✓ Escalier pour les administrateurs vers le premier étage (entité administration).

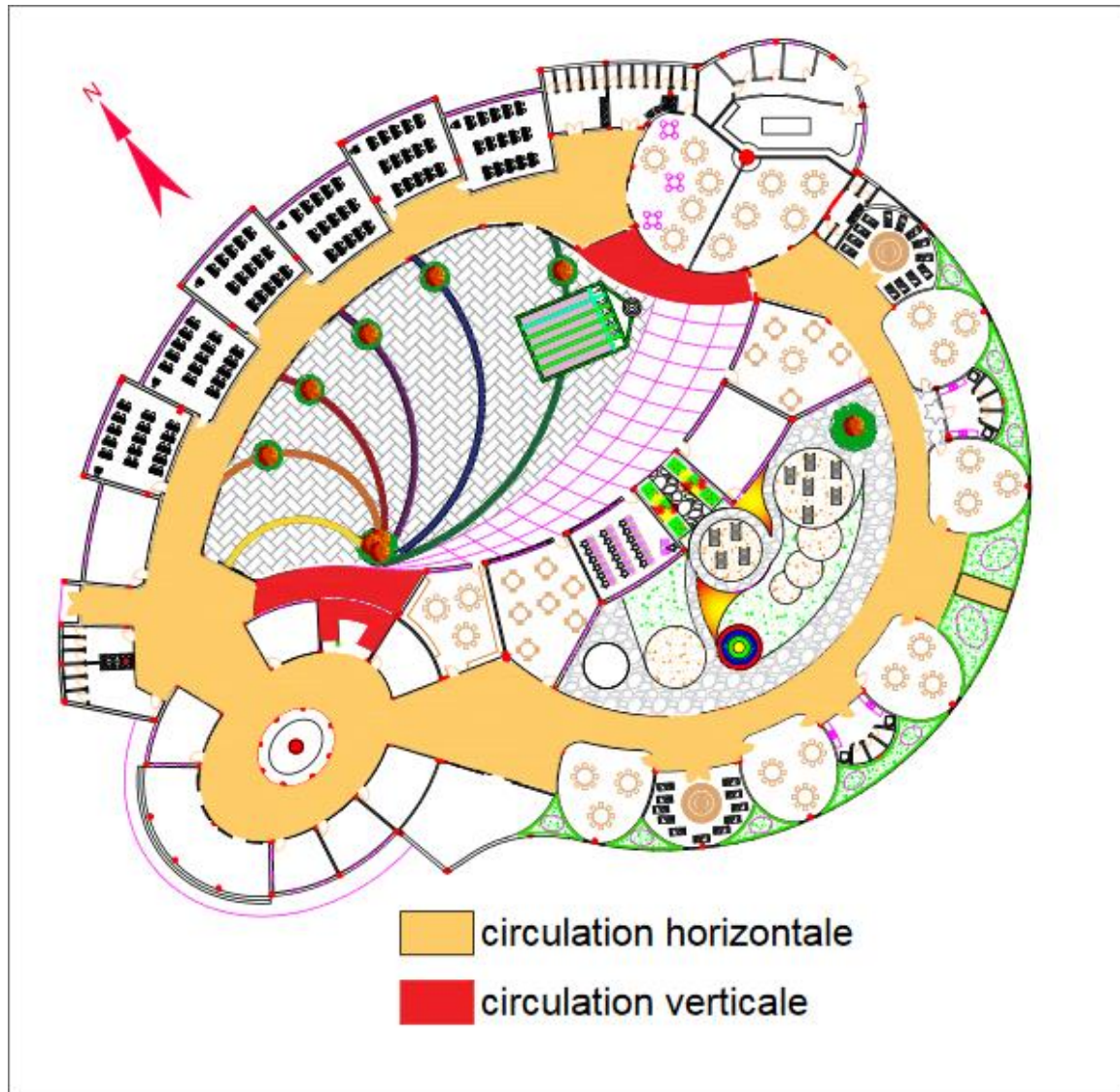
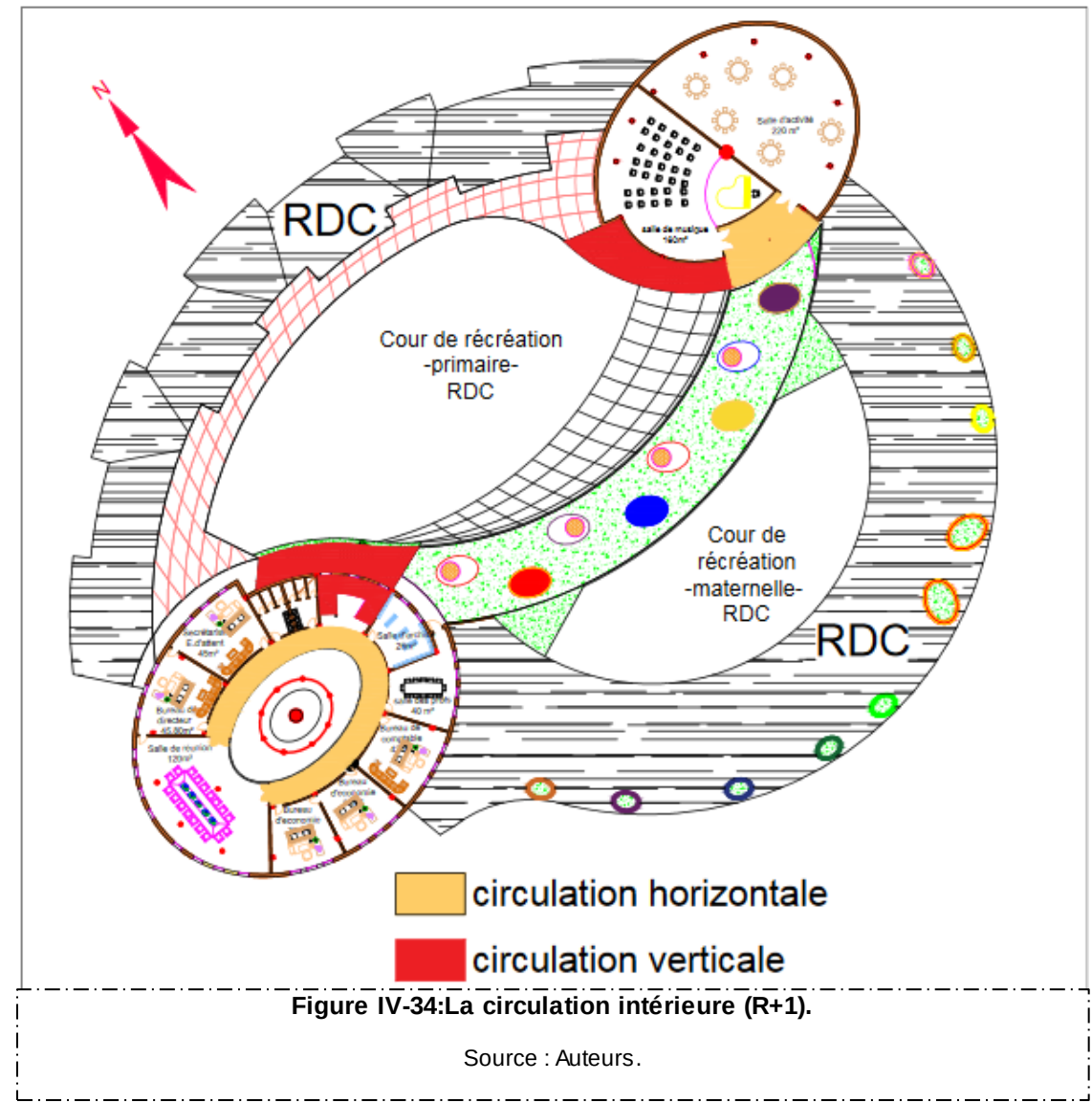


Figure IV-33: La circulation intérieure (RDC).

Source : Auteurs.



Les coupes :

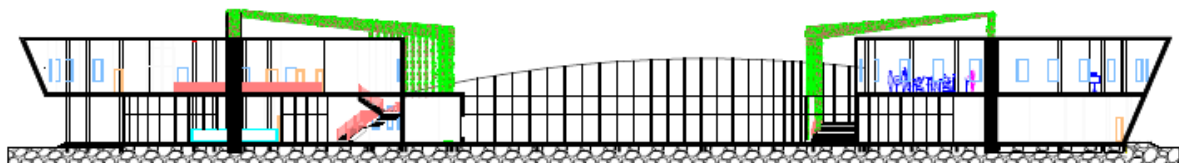


Figure IV-35: Coupe longitudinale.

Source : Auteurs.

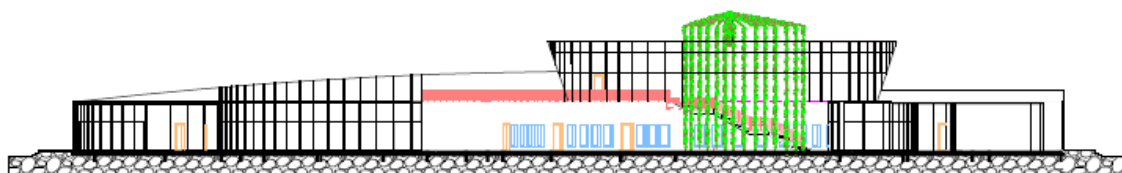


Figure IV-36: Coupe transversale.

Source : Auteurs.

Les espaces intérieurs pour les autres entités (complémentaire ; restauration ; réception) au niveau de rez-de-chaussée.

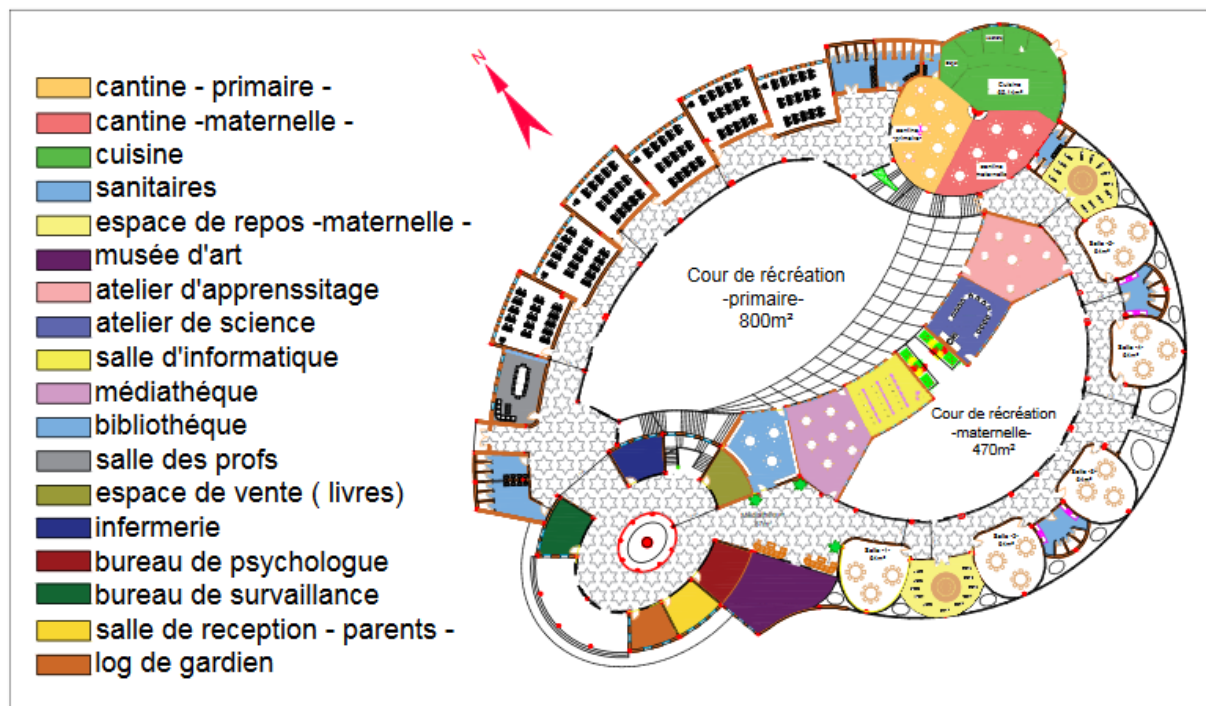


Figure IV-38 : les espaces intérieurs(RDC).

Source : Auteurs.

Les espaces intérieurs au niveau de premier étage (entité administration et activité-primaire)

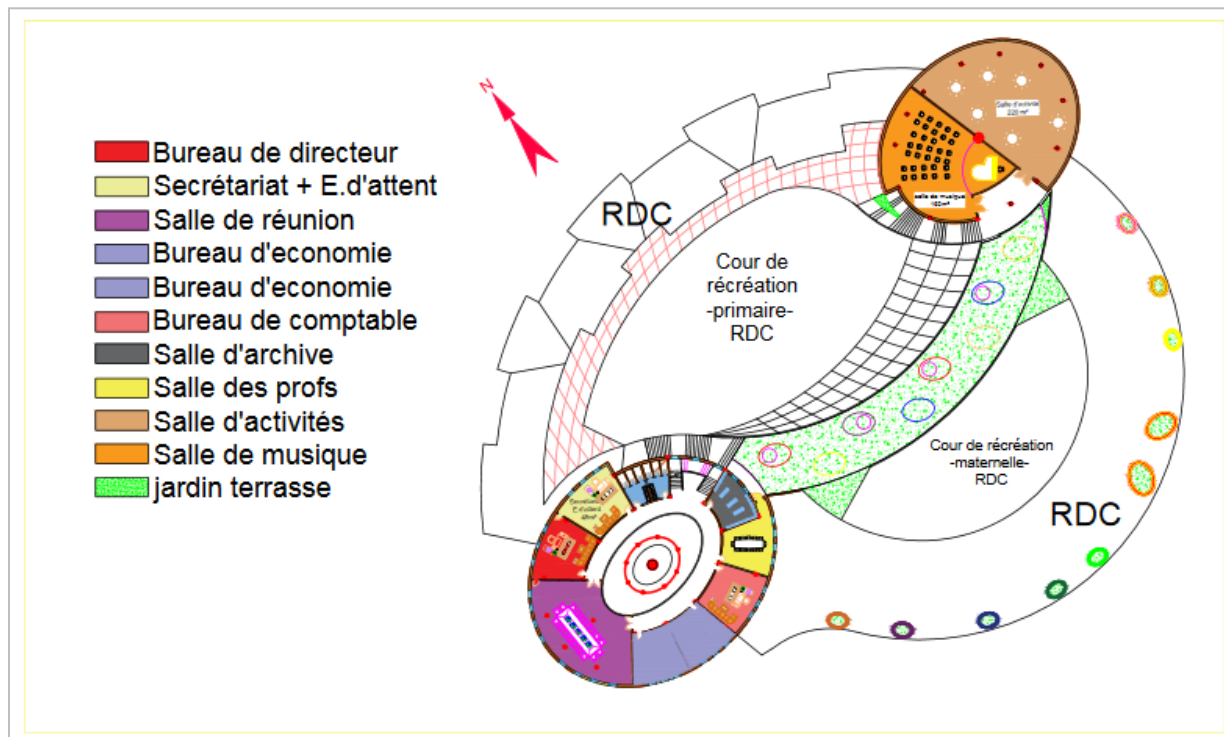


Figure IV-39 : Les espaces intérieurs (R+1).

Source : Auteurs.

IV.3.2.5 Les aspects environnementaux :

Plan de toiture présente les aspects environnementaux traiter au niveau de projet.

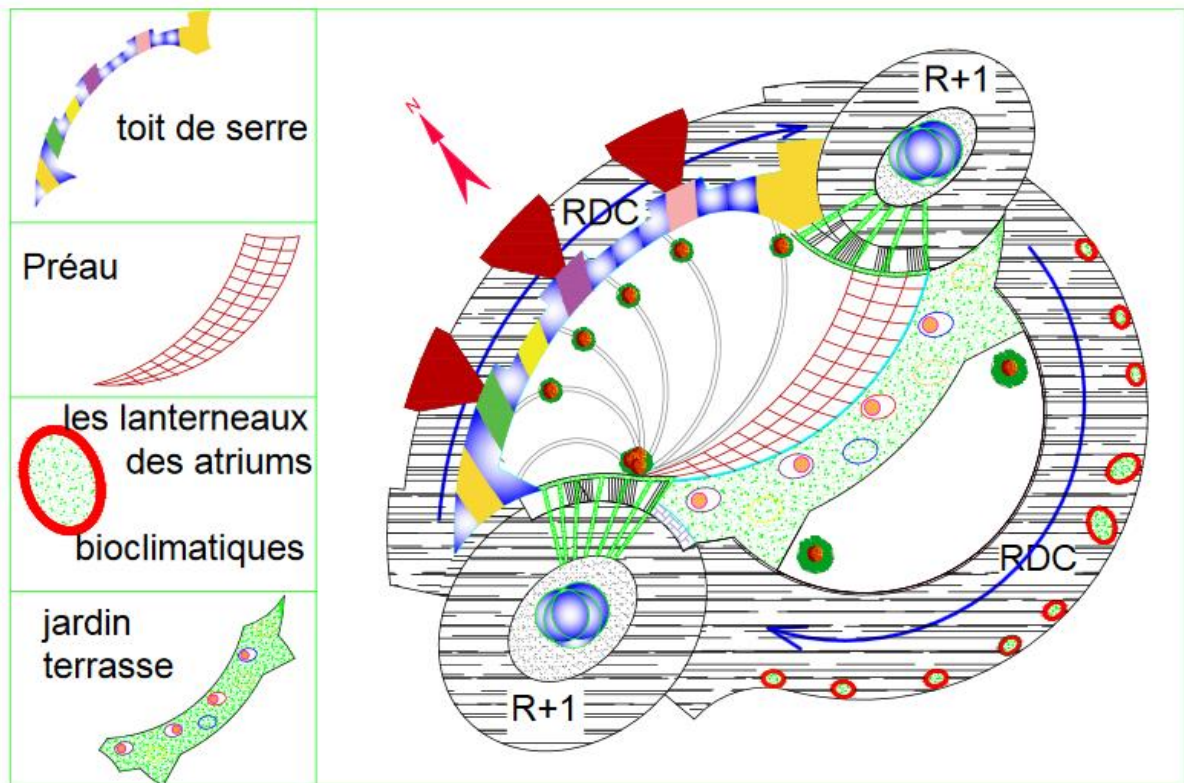


Figure IV-40: Plan de toiture + les aspects environnementaux.

Source : Auteurs.

- Intégrer la serre au niveau des espaces de circulation comme source de chaleur passive bénéficié l'effet de serre et la rafraichissement et protection en été.
- Créer des préaux au niveau la cour de récréation comme protection contre les rayons solaires et les tempêtes.
- Intégrer des petites atriums contient des végétations au entre les salles maternelle et la façade double peau avec des lanterneaux en haut pour bénéficier la chaleur (effet de serre) et le rafraichissement en été.
- Jardin terrasse pour diminuer la déperdition thermique et comme un jardin terrasse utilisé par les écoliers intégrer avec espace de jeux.
- Intégrer des atriums au niveau de réception et restauration pour bénéficier l'éclairage et l'aération naturelle.

IV.3.2.6 Les façades :

1. Façade Ouest :

La façade Ouest (principale) en forme d'un volume conique tronqué pour donner une valeur à la façade avec l'avancement du ce volume en haut de l'administration forme un auvent qui sert d'abri pour protéger et transpercé en bas pour marquer l'entrée.

Utilisation des ouvertures de forme triangulaire qui il possède une dynamique ; un équilibre ; l'harmonie et moins centraliste que les formes ordinaires (carrée...). Avec dégradation au niveau des murs comme des protections solaires verticales.

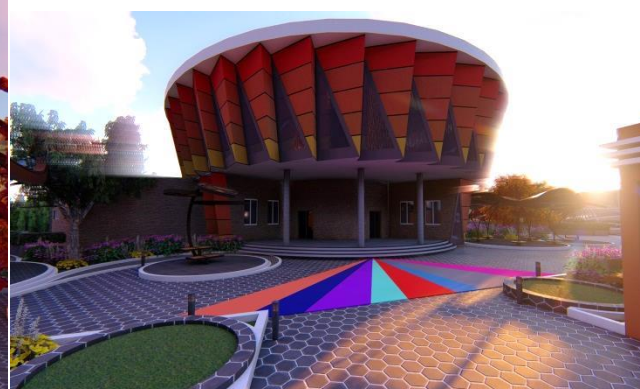
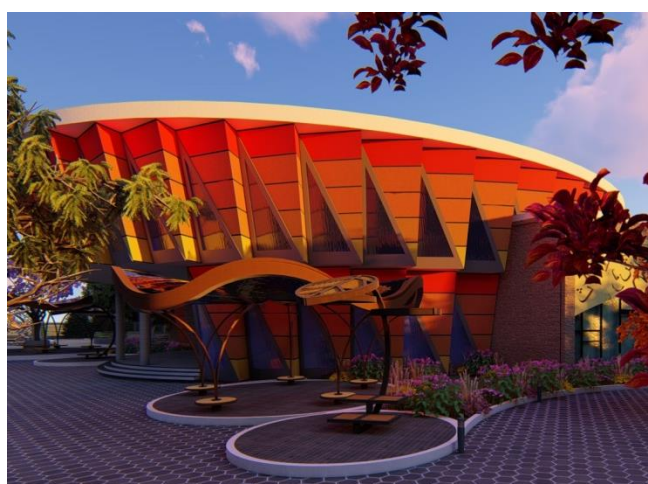
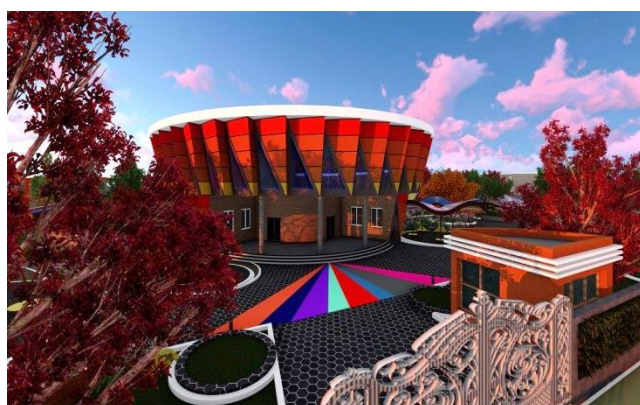
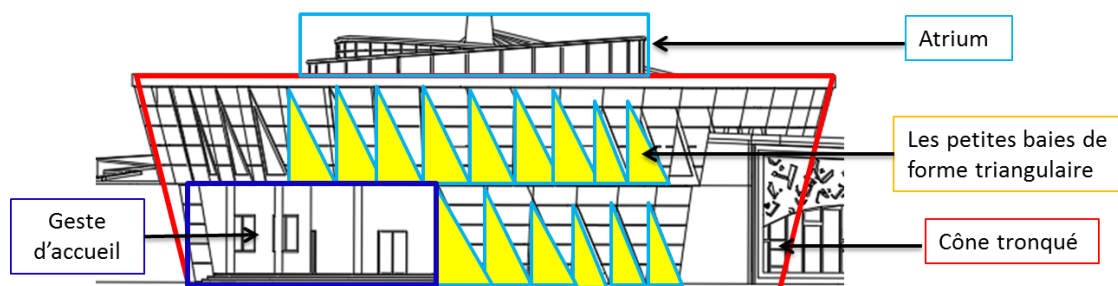


Figure IV-41: Des vues sur façade Ouest.

Source : Auteurs.

2. Façade Sud :

Façade sud de la partie maternelle composé d'une façade double peau vitré avec jeu des couleurs et un moucharabieh contient des alphabets (la première chose d'apprentissage) avec une forme des vagues qui signifier le mouvement d'enfant.

Selon la psychologie des couleurs sur l'enfant le jaune : Couplé avec le bonheur et la joie ; active l'esprit, ce qui stimule la pensée et la créativité.

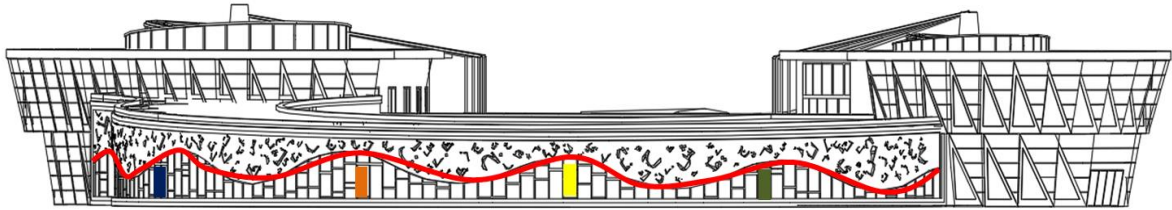


Figure IV-42: Des vues sur la façade Sud.

Source : Auteurs.

3. Façade Nord :

Façade Nord traité avec des baies de forme rectangulaire répartie avec des arcs percés par des petites triangles ; un geste des vagues légères signifier le mouvement d'élève percé par un groupe des triangles (6triangles) nombre des classes. Cette disposition est présentée alternativement selon les salles de classe.

Selon la psychologie des couleurs sur l'enfant l'orange : Il stimule l'activité mentale, la créativité et un sentiment de bonheur ; d'énergie, ainsi qu'un sentiment de confiance, d'indépendance.

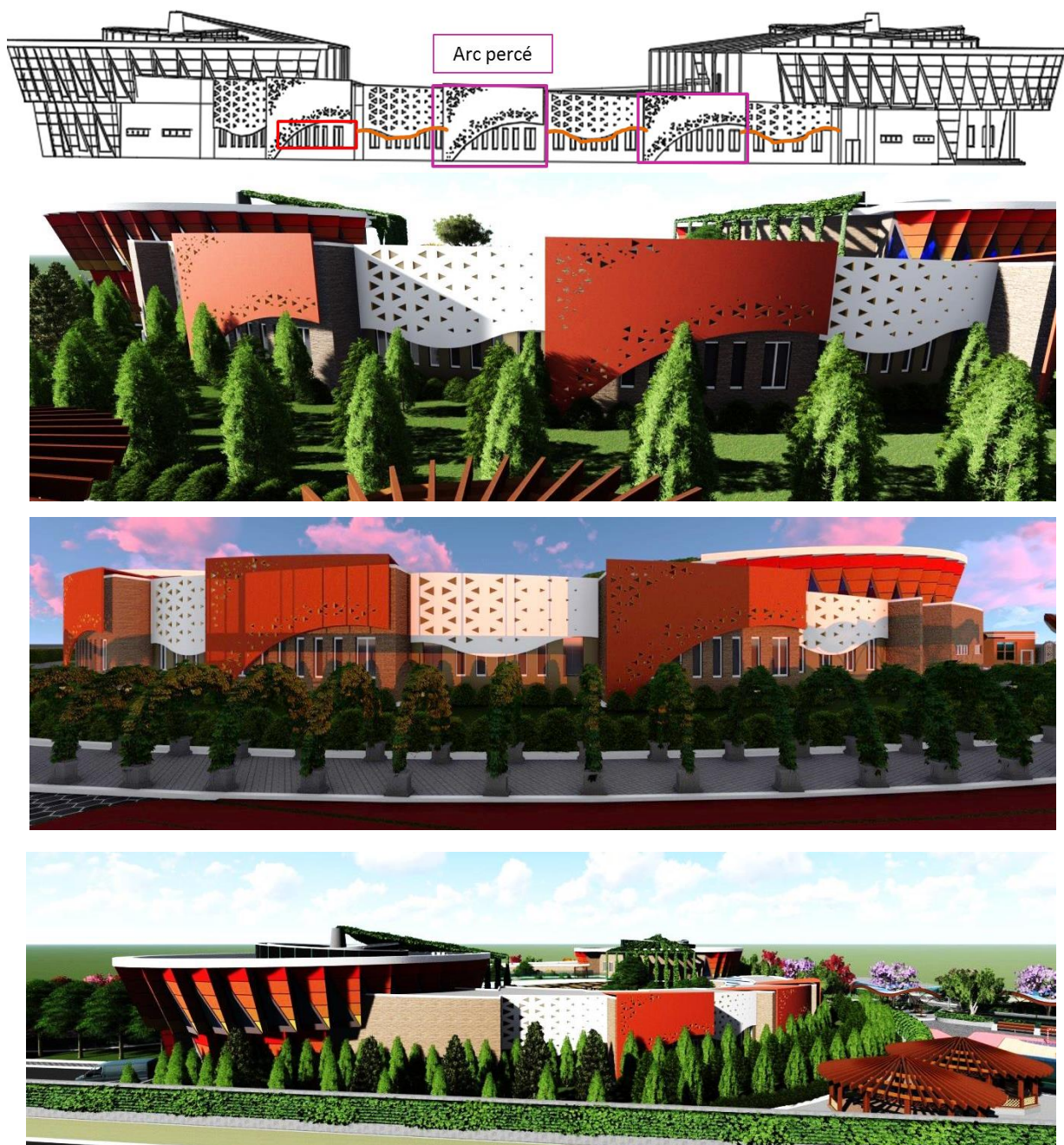


Figure IV-43 : Des vues sur la façade Nord.

Source : Auteurs.

4. Façade Est :

Façade Est c'est la façade postérieure de restauration (service) avec un traitement de façade similaire de la façade Ouest pour l'équilibrer l'enveloppe avec une petite entrée.

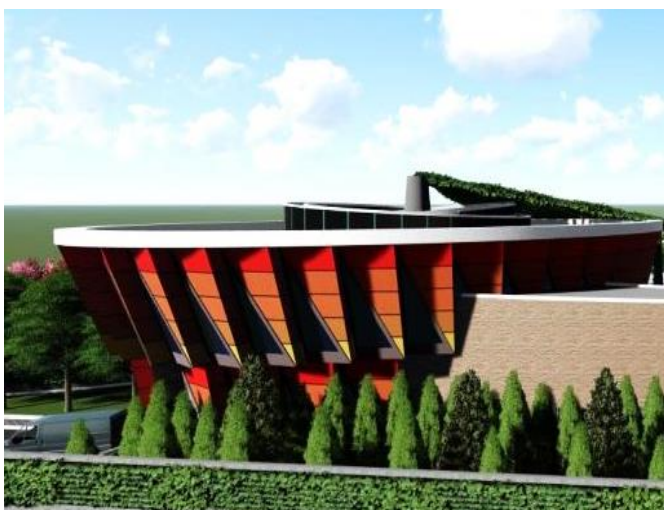
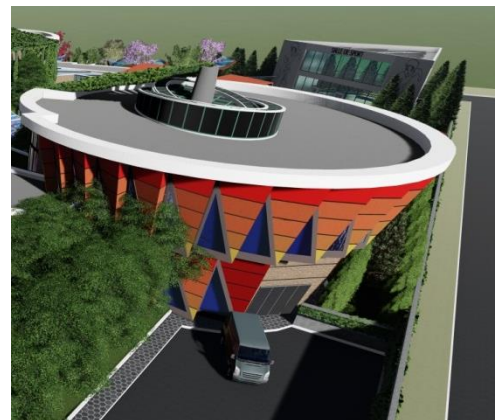
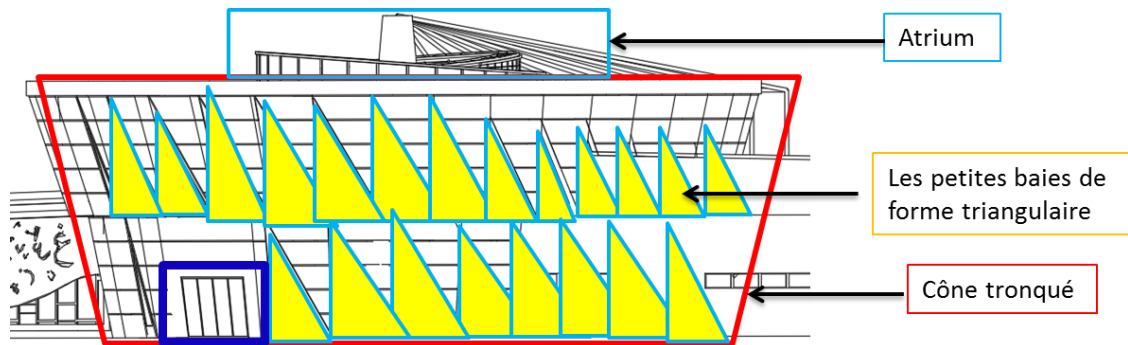


Figure IV-44: Des vues sur façade Est.

Source : Auteurs.

Etude Technique

V. Introduction :

Dans ce chapitre on va parler sur les différents techniques et dispositifs liées à la durabilité dans notre projet.

Quel que soit le contexte; le choix des matériaux et les techniques de construction conditionne la qualité du bâtiment, il ne s'agit pas de rechercher un confort permanent à des couts prohibitifs, mais plutôt de proposer des solutions appropriées aux modes d'habitat, ceci dans des limites et des couts acceptables.

V.1. Les Systèmes constructifs :

V.1.1. Structure :

- Pour les entités pédagogiques (primaire et maternelle) le type de structure utilisé c'est la structure poteaux _ poutres en béton armé.



Figure V-1 : Structure poteaux-poutres.

Source : Google Image.

- Pour l'entité réception et administration et restauration le type de structure de noyau centrale :

- ✓ La structure porteuse concentrée dans le noyau est construite en béton armé. De ce noyau partent des poutres qui vont jusqu'à la façade de la construction et qui ont pour but de soutenir le plancher, et de rediriger.
- ✓ Pour les murs inclinés fabriquer avec le système des voiles en béton armé.

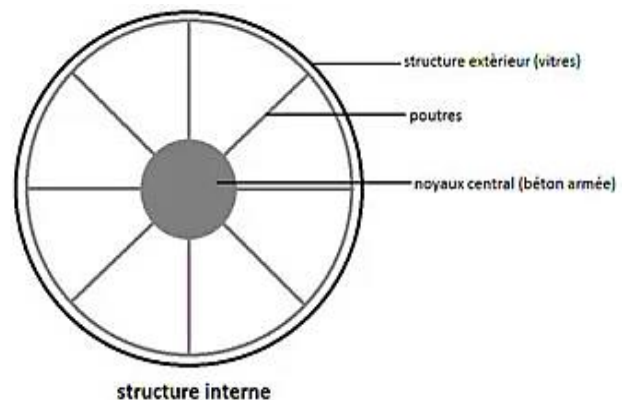


Figure V-2: Structure de noyau centrale.

Source : Google image.

- Pour les planchers : dalle plein en béton armé.

La dalle plein en béton armé :

La dalle pleine. Appelée aussi « dalle massive » est une plaque dont l'épaisseur est petit par rapport à ses autres dimensions. Son épaisseur H varie de $1/10$ à $1/35$ de la grande portée L . Dans les bâtiments courants, elle varie entre 12cm et 18cm.

Il permet une grande souplesse dans les portées et les formes. Les portées courantes de ces dalles L sont de 6m à 7m.

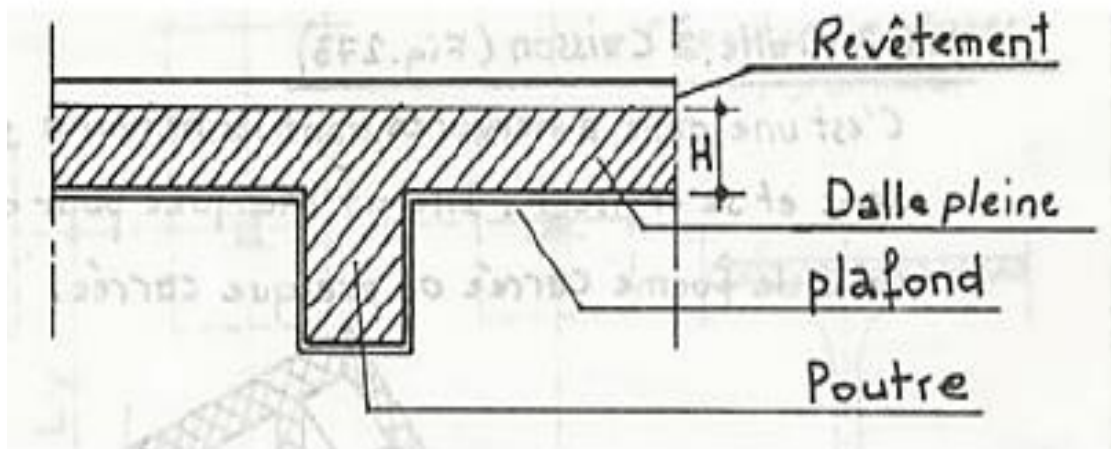


Figure V-3: Détail d'une dalle pleine.

Source : Slideshare.

La dalle est réalisée sur un coffrage jointif recouvrant toute la surface. Le ferrailage est simple et facile à poser ; Les ouvertures nécessitées par le passage de conduites électriques ou de tuyauteries doivent être prévues et tracées sur le plan de coffrage avant la réalisation.

Le plan de structure de projet :

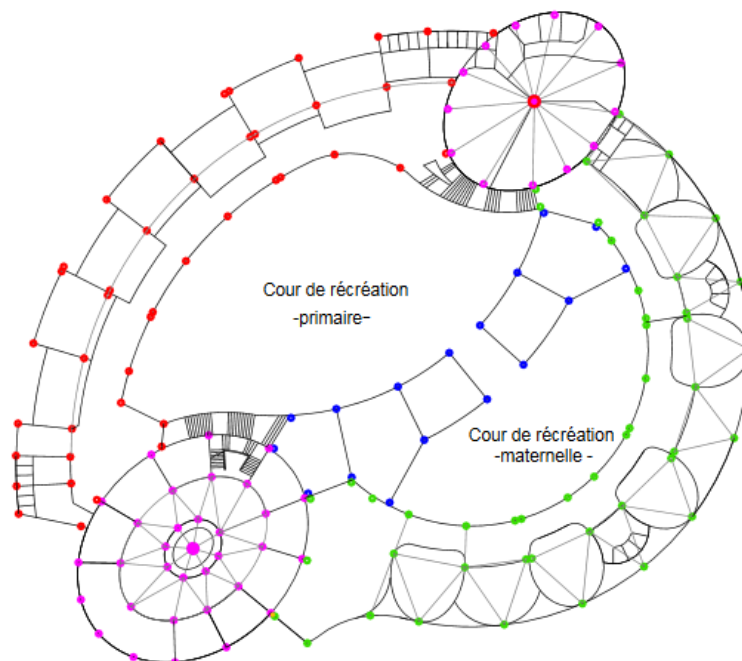


Figure V-4: Plan de structure.

Source : Auteurs.

Les joints :

Le béton, comme la plupart des matériaux, réagit aux variations de température.

Joints de rupture : utilisés dans les changements de direction des différentes trames et dans le cas de différence de charge.

Joints de dilatation : utilisés pour remédier aux effets de la température dans les bâtiments de grande longueur, chaque 25 à 30 mètres.

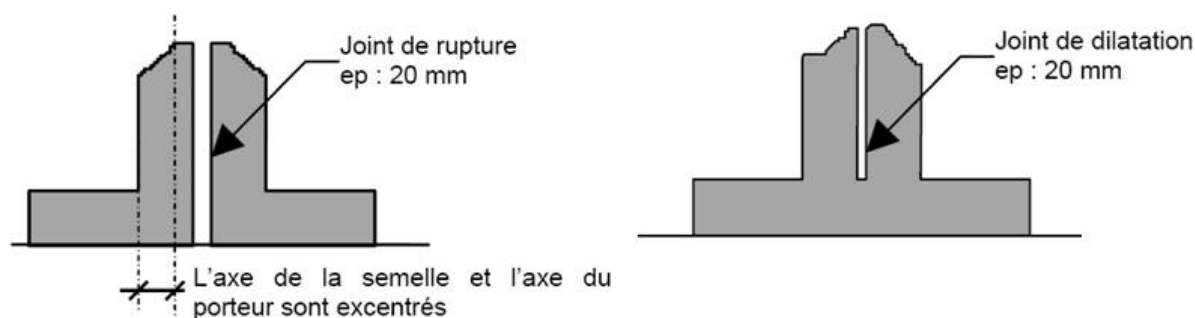


Figure V-5: les joints de dilatation.

Source : Google image.

Le couvre de joint :

Est un intervalle structurel conçu pour s'adapter au mouvement d'un bâtiment de façon contrôlée, permettant ainsi d'empêcher les dommages aux finitions internes et externes d'un bâtiment.



Figure V-6: Couvre de joint.

Source : Google image.

Choix matériaux de construction :

Il y'a trois critères de choix:

- ✓ La notion de durabilité.
- ✓ Le développement local.
- ✓ La qualité du second œuvre et le confort.
- ✓

BTCS :

Les blocs de terre comprimée et stabilisée (BTCS) sont faits avec un matériau abondant qui nécessite moins d'énergie pour sa fabrication comparée à la chaux, aux briques cuites ou au ciment.

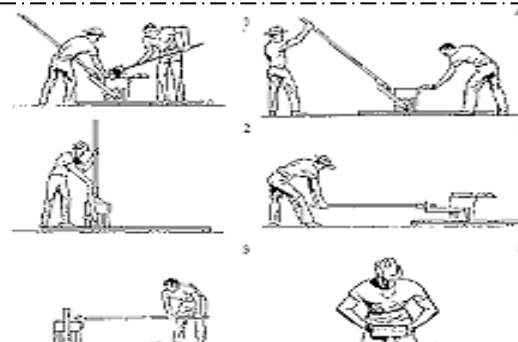


Figure V-7: les étapes de production de BTCS.

Source : <http://www.initiativesclimat.org>

❖ Les BTCS présentent plusieurs avantages :

Bonne isolation thermique, bonne isolation phonique, imperméabilité, confort intérieur, emploi d'un matériau naturel (latérite), régulation de la température intérieure notamment, délais de construction plus courts. Les blocs absorbent les rayons ultraviolets qui produisent de la chaleur et régulent la température. L'utilisation de la latérite dans la production des blocs est sans émission nocives.



Figure V-8: Bloc de terre comprimé et stabilisé.

Source : <http://www.initiativesclimat.org>

V.1.2. La maçonnerie :

Les blocs de terre comprimée et stabilisée (BTCS) pour les murs extérieurs et intérieurs avec un revêtement d'enduit naturel (la chaux) et une couche d'une peinture naturelle.



Figure V-9: Mur intérieur en BTCS.

Source : Google image.

V.1.3. Les choix intérieurs :

Le choix de peintures :

Les peintures naturelles sont fabriquées à partir d'huile de lin, de ricin, de soja, de cellulose, de craie, de bois de gomme naturelle et de caséine. Il existe également des peintures à la chaux ou à l'argile. (Peinture bio)



Figure V-10: les gammes des couleurs.

Source : Google image.

Choix de couleur :

❖ Dans les salles de classe :

Afin de créer une ambiance visuelle agréable, on peut travailler en mixant un coloris principal (utilisé pour la majorité des murs) à un coloris secondaire (utilisé pour certains murs ou portions de mur...), et relever le tout par une couleur d'accentuation réservée à des éléments ponctuels comme les menuiseries, le mobilier.

- Pour maternelle²⁹ : Les enfants de cet âge sont particulièrement attirés par la nature. On cherchera à créer un environnement de travail chaud et lumineux en utilisant les teintes suivantes : saumon clair, jaune pâle et chaud, jaune-orange pâle, corail, pêche...



Exemples de coloris principaux

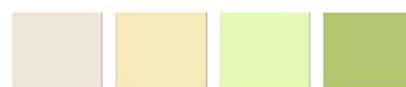


Exemples de coloris secondaires



Exemples de couleurs d'accentuation

- Pour primaire : On cherchera dans ces salles de classe à créer un environnement doux par l'usage de teintes froides qui favorisent la concentration des élèves : beige, vert pâle, bleu-vert...



Exemples de coloris principaux



Exemples de coloris secondaires



Exemples de couleurs d'accentuation

- Pour les espaces de circulation : Dans les espaces de circulations une plus large gamme de couleurs peut être envisagée, des couleurs plus attrayantes, plus saturées et pleines de vie.



Exemples de coloris

- Pour les bibliothèques : Dans la bibliothèque, le calme et la concentration seront favorisés par l'usage de vert pâle ou clair.



Exemples de coloris

- Mur supportant le tableau : Si la classe est équipée d'un tableau (qu'il soit vert, noir, ou blanc), on veillera à diminuer le contraste entre celui-ci et le mur qui le supporte de manière à minimiser les différences de luminosités dans le champ visuel de l'élève. On réduira ainsi sa fatigue visuelle, et on améliorera sa concentration.

²⁹ Source : www.renovermonecole.be/fr/type-travaux/je-fais-travaux-peinture/je-choisis-coloris.

- Mur faisant face aux élèves :

Afin de rendre la classe moins ennuyeuse, on veillera à colorer le mur qui fait face aux élèves dans une autre couleur que les autres murs (c'est généralement le mur qui supporte le tableau). Le choix de la couleur de ce mur doit se faire de manière à rendre efficace le contraste entre ce mur et le tableau.



Figure V-11: présentation des classes avec différent couleur.

Source : www.renovermonecole.be.

- Murs soumis aux salissures :

Dans les salles de classe et les espaces de circulation, la partie basse des murs est la zone la plus soumise aux salissures. Elle doit être repeinte plus fréquemment. La peindre dans une teinte foncée permet de camoufler les salissures et de retarder les travaux de rafraîchissement.



Figure V-12: Murs soumis aux salissures.

Source : www.renovermonecole.be

- Impact sur la taille du local :

L'ambiance colorée d'un local influence grandement la perception spatiale qu'on en a. Ainsi un local peint en blanc ou dans des couleurs claires paraîtra plus spacieux qu'un local de même dimension peint dans des teintes foncées.

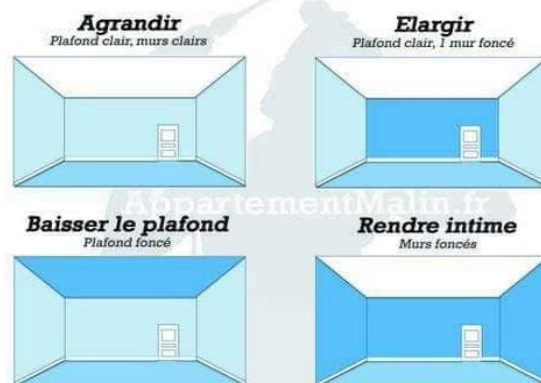


Figure V-13: L'impact des couleurs sur la taille du local.



Figure V-14: des exemples sur l'impact des couleurs sur les locaux.

Source : www.renovermonecole.be

Revêtements des sols :

Les revêtements écologiques souples résistant et antidérapant : le linoléum, le caoutchouc naturel et les revêtements en fibres (végétales et animales). La plupart sont « isolants ».

D'après le tableau on a choisi ce là :

Matériau	Durée de vie	Impact sur la santé	Impact sur l'environnement	Facilité de pose	Facilité d'entretien
Sols « bois »					
Parquet / plancher massif (origine locale)	😊	😊	😊	😊	😊
Parquet massif multicouches	😊	😊	😊	😊	😊
Parquet stratifié	😊	😊	😊	😊	😊
Sols souples					
Linoléum	😊	😊	😊	😊	😊
Vinyle	😊	😊	😊	😊	😊
Moquettes à fibres naturelles	😊	😊	😊	😊	😊
Moquettes à fibres synthétiques	😊	😊	😊	😊	😊
Liège « naturel »	😊	😊	😊	😊	😊

Tableau V-1: Comparaison entre les revêtements de sol.

- Revêtement de sol en linoléum :

La couche de surface est en linoléum, un matériau naturel obtenu à partir de colophane, d'huile de lin, de pigments naturels et de chaux. Avec panneaux de fibres haute densité d'un liège.



Figure V-15: Revêtement de sol.

Source : /www.ecoconso.be

Choix de vitrage et la menuiserie :

D'après les tableaux on a choisi :

Type de vitrage	Caractéristiques	K (W/m². °C)
Simple vitrage	Pertes de chaleur très importantes	5,7
Double vitrage standard 4/12/4	Les pertes de chaleur sont réduites de 40 % par rapport au simple vitrage.	2,8
Double vitrage peu émissif	Il piège les infra rouges à l'intérieur de la pièce ce qui réduit les pertes de chaleur de 30 % par rapport au double vitrage standard.	1,8

Tableau V-2: Les types des vitrages.

Source : Guide l'écoconstruction ; Daniel Buguin ; p12

	Avantages	Inconvénients
Bois	Naturel, recyclable, fabrication peu gourmande en énergie. Très bonnes performances en terme d'isolation thermique. Coût : à partir de 130 € TTC pour une fenêtre 125 X 120 cm double vitrage 4/16/4 standard.	Entretien régulier et nécessaire.
PVC	Très bonnes performances thermiques. Coût : à partir de 140 € TTC pour une fenêtre 125 X 120 cm double vitrage 4/16/4 standard.	Peu écologique. Additifs toxiques pour certains. Emanation d'acide chlorhydrique et de dioxines en cas d'incendie.
Aluminium*	Durable et esthétique. Adaptés à de grands vitrages et aux menuiseries coulissantes. Prix : à partir de 300 € TTC pour une baie vitrée 215 X 240 cm.	Fabrication très gourmande en énergie : 5 tonnes équivalent pétrole pour fabriquer 1 tonne d'aluminium.

Tableau V-3: Les types de menuiserie.

Source : Guide l'écoconstruction ; Daniel Buguin ; p13

- Double vitrage peu émissif:

Un vitrage peu émissif ou VIR est un double vitrage qui a subi un traitement spécial sur les faces internes entre les deux vitres. Ce type de vitrage vous permet d'améliorer grandement la capacité isolante de la vitre et de préserver la chaleur en hiver et de repousser la chaleur en été.

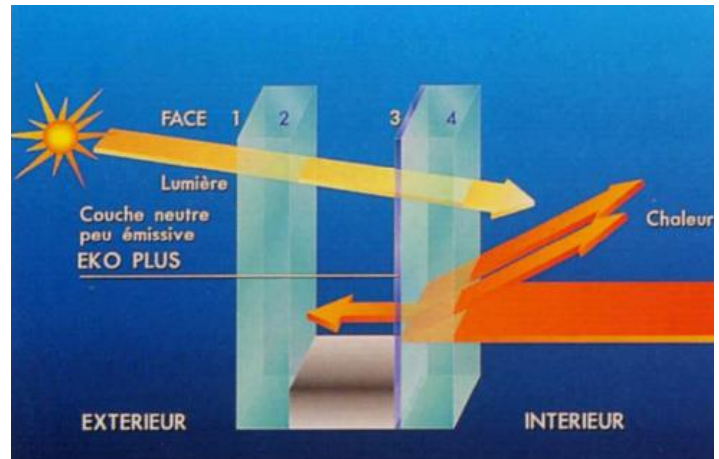


Figure V-16: Double vitrage peu émissif.

Source : Google image.

- Une menuiserie en bois :

D'après les avantages qui sont proposés pour ce matériau, c'est un matériau naturel ; recycle ; bon isolant.



Figure V-17: Menuiserie en bois.

Source : Google image.

- Un vitrage coloré :

La technique diffère dans le cas du verre feuilleté, qui se compose généralement de 2 feuilles de verre (ou plus), collées entre elles par au moins un film en matière plastique ; ou Pour le teinter, la couleur est imprégnée dans le verre durant le processus même de fabrication. Utilisé au niveau des cloisons de réception et dans la façade maternelle.



Figure V-18: Vitre coloré.

Source : Google image.

- Le vitrage feuilleté de sécurité³⁰ :

Le verre feuilleté de sécurité est constitué d'un assemblage de feuilles de verres et d'intercalaires, généralement de nature plastique (butyral de polyvinyle PVB, ou résines méthacrylates). Plus sa résistance aux impacts est renforcée,; il ne se désagrège pas suite à un impact et réduit ainsi le risque de blessure. Les morceaux de verre brisé restent maintenus.

Il présente de nombreux avantages dans les domaines suivants : isolation phonique et thermique (dans le cas d'un double-vitrage) protection contre le choc, les effractions, les tirs d'armes à feu.

Utiliser ce type de vitrage au niveau des couloirs vitrée vers la cour ; comme un garde de corps de terrasse jardin et dans la salle de sport pour éviter le risque de cassé le vitre par les élèves.

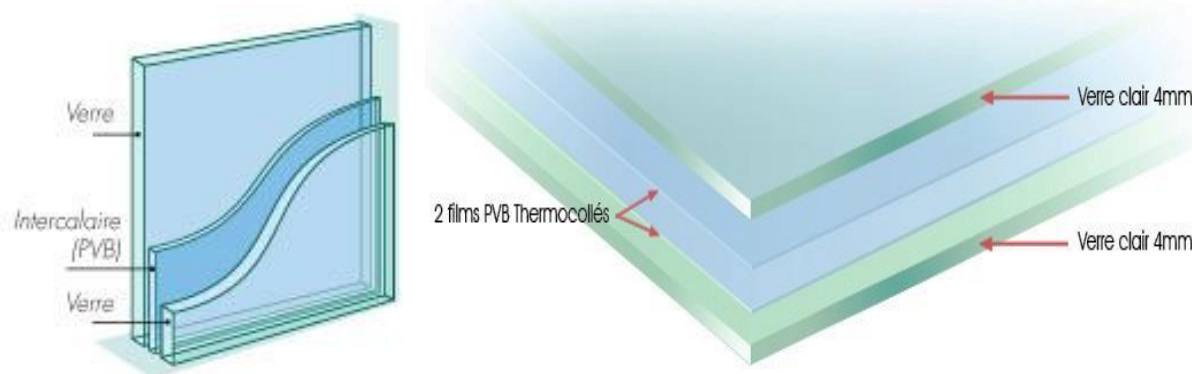


Figure V-19: Vitrage feuilleté de sécurité.

Source : www.batiproduits.com

vitrage feuilleté à capteurs solaires : cellules photovoltaïques intégrées dans le Garde-Corps de jardin terrasse (la surface extérieure de garde-corps).

³⁰ Source : www.batiproduits.com

V.2. Les techniques bioclimatiques utilisées :

Les techniques bioclimatiques utilisées au niveau de projet pour améliorer le confort intérieur aux usages et minimiser l'utilisation des énergies fossiles.

V.2.1. L'effet de serre :

L'effet de serre est utilisé dans la côté sud au niveau des salles de classe

- En hiver : les salles de classe sont chauffées par la chaleur cumulée par la serre.
- En été : ces espaces sont aérés par l'ouverture de la serre et permet le changement d'air pour la ventilation naturelle.

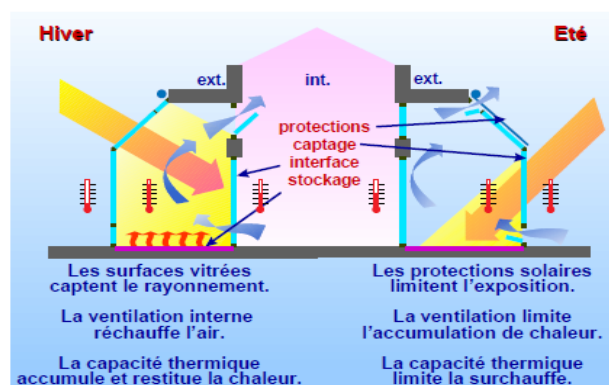


Figure V-20: Fonctionnement de serre.

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. André de Herde

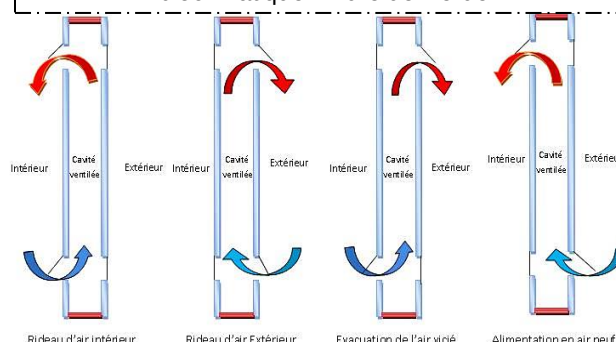


Figure V-21: Fonctionnement de façade double peau.

Source : www.cobse.fr

Si l'apport de lumière naturelle en hiver est une bénédiction, un dispositif efficace de protection solaire est nécessaire pour limiter les surchauffes d'été.

V.2.3. Les atriiums bioclimatiques :

Des petits atriiums sont intégrés avec la façade double et les salles maternelles qui contiennent la végétation. En hiver jouer le rôle d'un effet de serre stoker la chaleur et vers l'intérieur ; pour l'été intégrer avec des ouvrants qui permet la pénétration de l'air frais vers l'intérieur et dégager l'air chaud vers le haut par des lanterneaux.

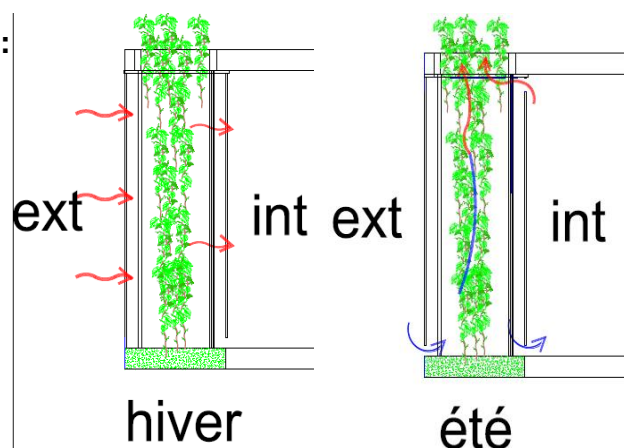


Figure V-22 : Coupe d'un atrium bioclimatique.
Source : Auteurs.

V.2.4. Les protections solaires :

On a utilisé moucharabiehs dans la façade sud afin de maximiser la protection des rayons solaires d'un côté et rajouté un effet esthétique pour la façade maternelle.



Figure V-22: Moucharabieh au niveau de façade Sud.

Source : Auteurs.

V.2.5. Les panneaux photovoltaïques:

Choix des panneaux photovoltaïques : la double originalité d' E+color est de proposer des panneaux colorés et performants avec un système proposant de colorisation utilisant un film recouvrant le silicium et qui vient altérer le rendement. Au final le panneau produit autant voire plus que les panneaux standards et s'intègre de façon beaucoup plus harmonieuse.



Figure V-23: panneaux photovoltaïque intégré.

Source : www.murs-photovoltaïques.com

V.2.6. La toiture :

- Le toit incliné suivant la forme de la rampe pour minimiser les déperditions thermiques (combles) pour les deux entités pédagogiques.
- Pour les deux ellipses toiture plate avec des petits atriiums permettant l'entrée de lumière et pour la ventilation naturelle.
- Pour l'entité complémentaire toiture végétalisée de type extensive simple utilisée comme un jardin d'enfant terrasse.

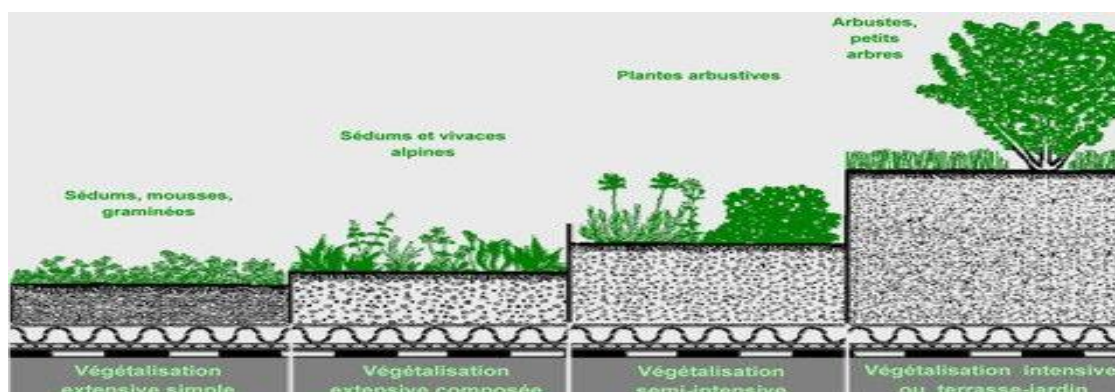


Figure V-24: Les types de toiture végétalisée.

Source : www.jardin-naturel.fr

- Les composants d'un toit végétalisé :
 - ✓ La structure porteuse (plancher).
 - ✓ Un complexe isolant.
 - ✓ Membrane d'étanchéité.
 - ✓ Couche de drainage.
 - ✓ Couche de filtration.
 - ✓ Substrat de croissance.
 - ✓ Une couche végétale.

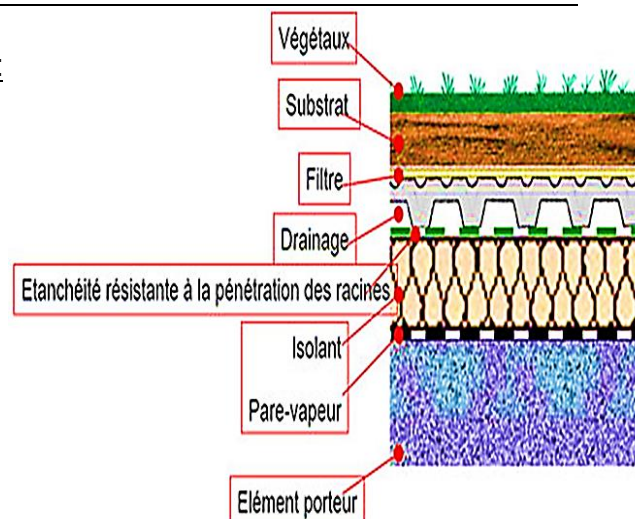


Figure V-25: Les composants d'un toit végétalisé.

Source : Google Image.

V.2.7. La végétation :

La végétation offre un ombrage saisonnier, fait écran contre les vents, rafraichit l'air par évapo_ transpiration et filtre les poussières en suspension et création d'ombrage ; Effet d'oxygénation de l'air ambiant.

Types	Genre	Emplacement	Fonction	Image de plante utilisé
Végétaux persistants	Cyprès	Le coté NORD	Protection contre les vents Diminuer le bruit	
Végétaux caduques	Saule Erable	Le coté SUD	Protection solaire Effet de fixation des poussières	
Mur arbuste	Le troène Le troène panaché	Comme clôture	Séparation entre l'inter et l'extérieur régulateur de température de l'air	
Pour le sol	Gazon Mousse Graminée	Dans le sol	Absorption d'eau ; protection de sol ;	

- Mur d'arbuste :

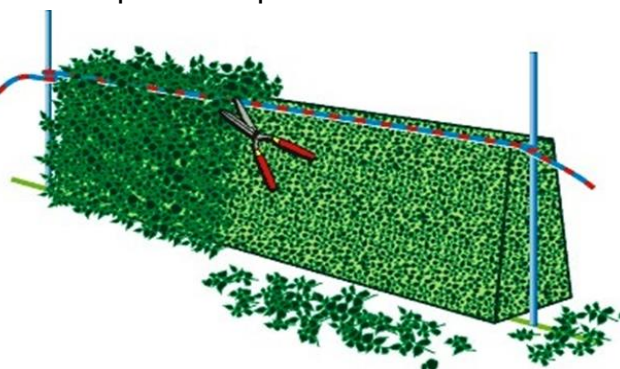
Tour au tour de projet comme une clôture verte pour la séparation entre l'intérieur et l'extérieur.

- ✓ Plantation sur 2 lignes ou su 1 ligne.
- ✓ Dimensions :

Hauteur : 1,50 à 3,00 m.

Longueur : selon usage.

Largeur : 080 à 1,50 m.



- pavé vert (écologique):

Le pavé alvéolé est de plus en plus en vogue! Il permet l'insertion de gravier et de végétation. Les végétaux viendront ajouter une touche verte en plus de permettre la filtration de l'eau de ruissellement et de faire de la photosynthèse (capter le gaz carbonique pour créer de l'oxygène). C'est un revêtement imperméable utilisé dans les parcours extérieurs ; parkings.



Figure V-26: Pavé vert écologique.

Source : www.maitrepaysagiste.com

V.2.8. Protection contre l'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 et lisible et facile à trouver.
- Dans notre projet les extincteurs d'incendie sont intégrés au niveau des couloirs des halls et la cuisine (entité restauration).
- Les extincteurs sont nichés dans des renforcements de murs en forme de flamme, peints en rouge.

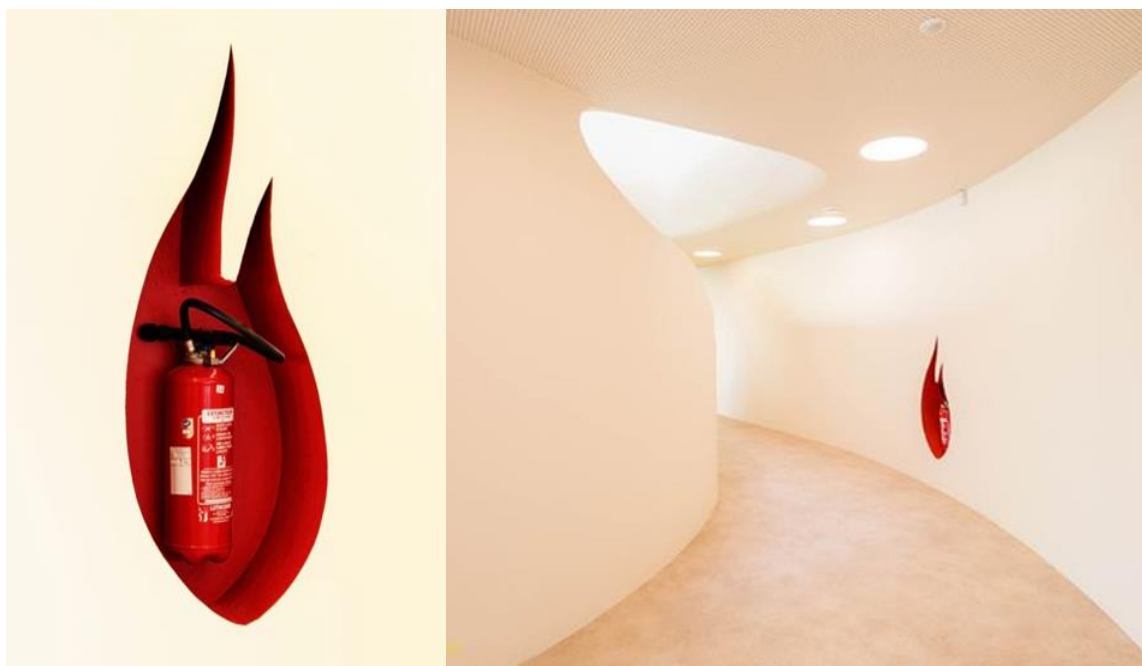


Figure V-27: L'intégration des extincteurs d'incendie.

Source : www.lemoniteur.fr.

Partie simulation :
**Evaluation de confort
thermique**

VI.Introduction :

Le confort thermique constitue une exigence essentielle à la qualité des espaces bâtis. Cette notion qui correspond à tout ce qui constitue le bien être thermique et à tout ce qui y contribue fait appel à de multiples interactions entre l'occupant, le bâtiment et l'environnement extérieur. Pour assurer ce confort dans une démarche bioclimatique, un intérêt particulier doit être accordé à l'environnement dès la phase de la conception. Les bâtiments scolaires doivent être conçus en fonction des données climatiques locales et selon des dispositions intégrées à leurs contextes avec l'intégration des systèmes passifs disponible.

Pour l'espace salle de classe, les conditions thermiques ont un impact sur le bien-être des enfants et des écoliers d'une part et d'autre part sur l'exécution des tâches scolaires. Ces conditions intérieures sont le résultat d'interaction entre l'enveloppe bâtis et son environnement.

Problématique :

La conception d'une salle de classe doit être inclue tous les paramètres nécessaires pour un environnement sain et confortable pour l'apprentissage.

Dans un climat tel que de Laghouat, l'aspect thermique c'est une variable très importante pour la qualité de confort dans les salles de classe.

La conception d'un espace, avec des exigences spécifiques et dans des conditions d'environnement, nécessite le traitement de plusieurs variables dépendants du bâtiment. La première variable, c'est l'orientation vers le Nord pour éviter le rayonnement solaire direct ; La deuxième, les matériaux de construction, qu'ils doivent être choisis selon ces caractéristiques thermiques surtout l'inertie et la transmission de chaleur. La dernière, sont système passifs utilisés pour rattraper la marge de confort, soit par effet de serre soit par ventilation et rafraichissement.

Le résultat final est affecté par toutes ces variables, donc la solution est de concilier entre eux. Après le choix de l'orientation nord, les fenêtres étroites, l'utilisation du BTCS pour la construction des parois et l'utilisation du corridor comme espace tampon qui joue un double rôle ; une serre pendant la période froide et une protection pendant celle chaude, l'hypothèse posée est :

- L'application des principes de conception cités ci-dessus pour une salle de classe pourrait créer des conditions de confort thermiques.

Pour vérifier cette hypothèse on a posé une série de questions :

- Comment vérifier les conditions de confort thermique dans la salle de classe ?
- Quel est l'impact de l'utilisation de l'effet de serre sur le confort thermique dans la salle de classe ?
- Quelles sont les tâches de correction nécessaires pour rattraper le confort ?

Pour répondre à ces questions, en utilisant le logiciel Energie Plus. Ce logiciel nous permet de vérifier la marge de confort dans l'espace étudié et de proposer les corrections et les scénarios pour la rattraper s'ils sont nécessaires.

VI.1. Recherche thématique :

VI.1.1.Définition de confort :

Le confort c'est l'équilibre entre l'occupant et l'ambiance³¹.

VI.1.2.Définition de confort thermique :

Le confort thermique est une cible fondamentale pour la qualité des ambiances intérieures et le bien être des usagers. Il est couramment défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'ambiance thermique³².

Givoni : « le définit comme étant l'absence de gêne ou d'inconfort dû à la chaleur ou au froid, ou alors, comme un état engendrant le bien être thermique ».

Le confort thermique est une notion si complexe et fait intervenir plusieurs facteurs physiques, physiologiques et même psychologiques. Au sens physique, il correspond à un équilibre entre les gains produits par le corps humain et ses pertes de chaleur.

VI.1.3.Le confort thermique dans les milieux scolaires:

Le confort est une condition essentielle à la qualité des espaces éducatifs vu son impact sur le processus d'apprentissage. Plusieurs recherches ont démontré que la réussite scolaire est fortement dépendante des conditions dans lesquelles les élèves sont enseignés. Dans les salles de cours, les usagers deviennent très sensibles à l'ambiance thermique du fait que le degré d'activité est faible³³.

³¹ Source : www.energieplus-lesite.be

³² Source : www.energieplus-lesite.be

³³ Source : mémoire magister « étude de confort thermique dans les salles de cours » Amel Sadouk ; 2016 ; p55.

VI.1.4. Les normes de confort thermique dans les salles de classe:

L'ASHRAE spécifie les normes de confort du corps dans son ensemble en termes de température. Cette température tient compte de la température de l'air, du rayonnement thermique et de la vitesse de l'air jusqu'à 0,15 – 0,2 m/s.

À 50 % d'humidité relative, avec des températures variant avec des saisons s'étalent de 23 à 26 °C en été, et de 20 à 23,5 °C en hiver.³⁴

VI.1.5. Les modes de transfert de chaleur :

- La conduction : C'est le moyen la chaleur circule de proche en proche dans un matériau ou passe d'un corps à un autre en contact physique direct.
- La convection : correspond au mode d'échange de chaleur entre une surface et un fluide par le mouvement de l'ensemble de ses molécules d'un point à un autre.
- Le rayonnement : la chaleur se transmet d'un corps à un autre par émission et absorption de rayonnements électromagnétiques par les surfaces des corps.
- L'évaporation : (le changement de phase) : ce phénomène implique un changement d'état liquide ou gazeux) et produit une absorption ou une émission de chaleur³⁵.

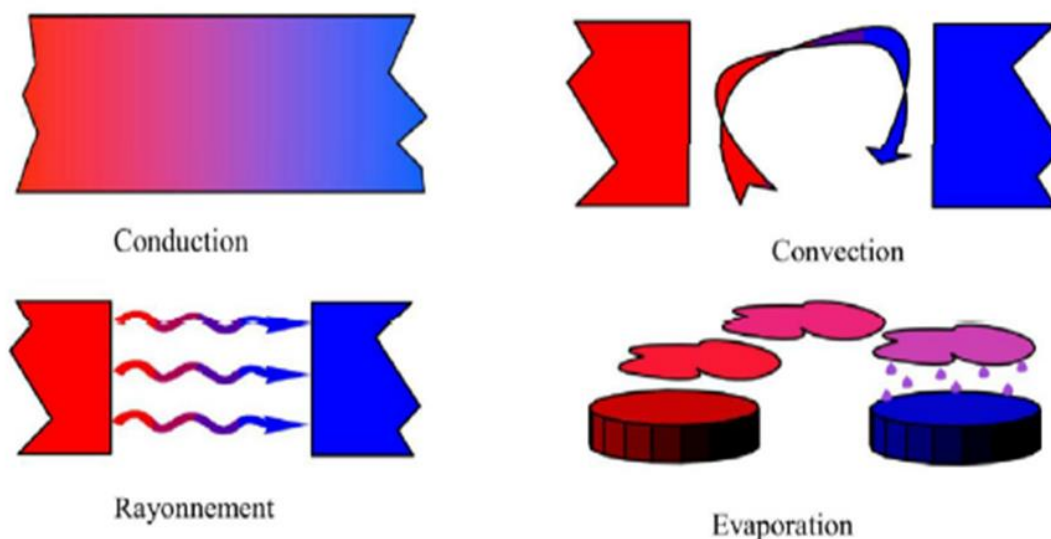


Figure VI-1: Différents modes de transfert de chaleur.

Source : slideshare « le confort » p18.

³⁴ Source : Guide « confort thermique à l'intérieur des établissements » ; Jean-Yves Charbonneau ; p09.

³⁵ Source : Mémoire de magister « étude de confort thermique dans les salles de cours » ; Amel Sadouk ; 2016 ; p56.

VI.1.6. Les facteurs ayant une incidence sur le confort thermique :

Les principaux facteurs qui régissent les échanges de chaleur entre une personne et son environnement et qui ont une incidence sur son confort thermique sont les suivants :³⁶

VI.1.6.1 Liés directement à l'homme:

- son taux de métabolisme (activité) : 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.
- Son habillement : qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

Activité	Taux [met]	Dégagement de chaleur [W]	Habillement	Résistance thermique [clo]
Sommeil	0,8	85	Nu	0
Assis tranquille	1,0	105	Shorts	0,1
Travail d'horlogerie	1,1	115	Tenue d'été courte	0,3
Debout tranquille	1,2	125	Tenue d'été longue	0,5
Travail de bureau	1,2	125	Tenue de ville légère	0,8
Travail de laboratoire	1,6	165	Complet - veston - cravate	1,0
Instituteur	1,6	165	Idem avec manteau de coton	1,5
Faire des achats	1,6	165	Tenue d'hiver fourrée	3,0
Vendeur	2,0	210		
Travaux domestiques	2 à 3,5	210 à 365		
Danse	2,5 à 4	260 à 420		

Tableau VI-2: Dégagement de chaleur selon l'activité.

Source : Guide architecture climatique équilibré

Tableau VI-1: Résistance thermique selon l'habillement.

Source : Guide architecture climatique équilibré

VI.1.6.2 Liés à l'environnement :

- La température de l'air : La température est un état instable dont les variations au voisinage de l'environnement humain dépendent du rayonnement solaire, du vent, de l'attitude et de la nature du sol
- la température des surfaces environnantes (sol, plafond, mur, fenêtre, radiateur, mobilier,...) : La température des surfaces a une grande influence sur la température ressentie. Pour calculer simplement la température ressentie, il faut faire la moyenne entre la température des surfaces environnantes et la température ambiante.

³⁶ Source : Guide Architecture climatique équilibré ; 1996, 190 pages N° de commande 724.217 ; J.-P. Eggimann, EPFL-LESO, 1015 Lausanne P40.

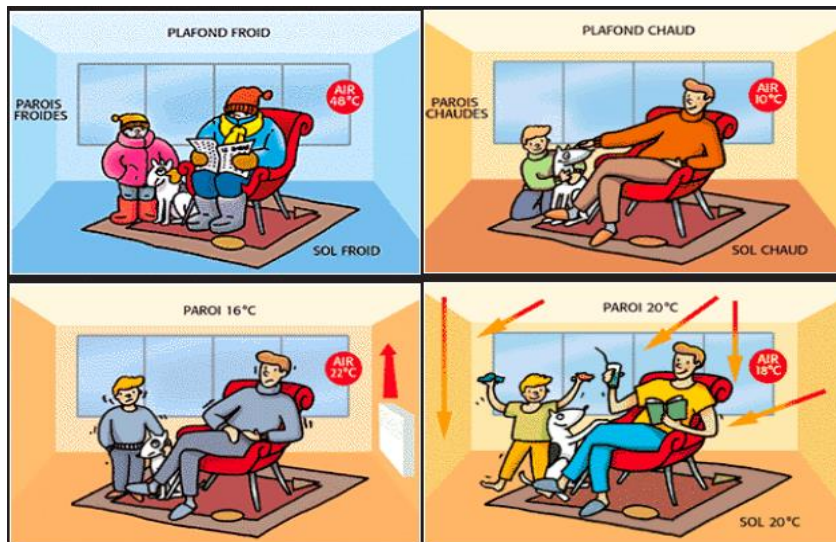


Figure VI-2: La température des surfaces environnantes.

Source : Guide stratégie thermique.

- le rayonnement solaire : est une source importante d'apports énergétiques notamment quand l'orientation est bien choisie. Le rayonnement solaire disponible en un lieu consiste en une composante directe et une composante diffuse.
- la vitesse de l'air : qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s de façon simplifiée, on définit une température de confort ressentie (appelée aussi "température opérative" ou "température résultante sèche")

$$T^{\circ} \text{ opérative} = (T^{\circ} \text{ air} + T^{\circ} \text{ parois}) / 2$$
- l'humidité relative de l'air : qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température t_a et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.

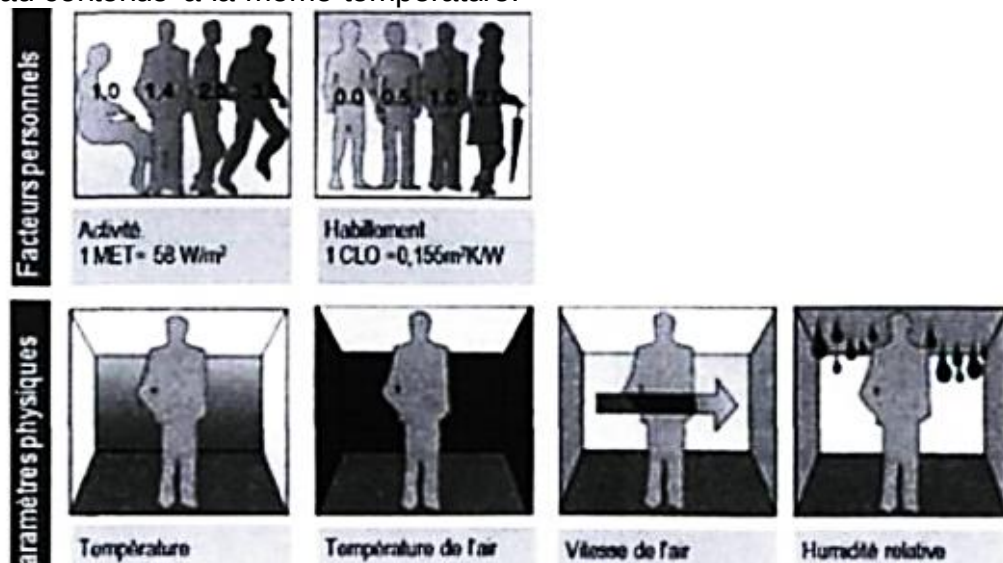


Figure VI-3: Les paramètres affecter le confort thermique.

Source : Google Image.

VI.1.6.3 Liés au milieu bâti :

- L'implantation : d'implantation d'un bâtiment influe principalement sur son rapport au soleil et aux vents dominants ; exploiter le potentiel du site et à analyser l'interaction du projet avec les éléments caractéristiques de son site, comme le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation.
- La forme et compacité : Une forme compacte est plus efficace qu'une forme éclatée puisque les déperditions sont proportionnelles à la surface d'échange entre l'intérieur et l'extérieur.

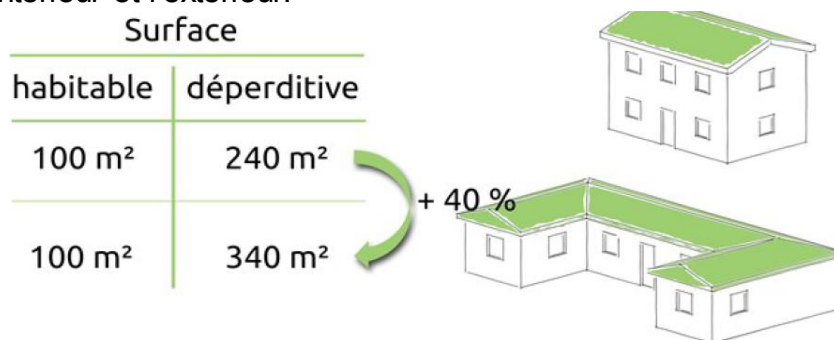


Figure VI-4: Impact de la forme et la compacité sur le confort thermique.

Source : consultant-energies.com

- Orientation : Une bonne orientation permet de profiter des apports solaires et de diminuer votre facture de chauffage. doit permettre d'orienter le bâtiment de façon optimale pour qu'il puisse profiter des apports solaires. L'orientation selon l'axe Nord–Sud est préférable.
- Taille des ouvertures : les ouvertures sont des surfaces de déperdition importante en hiver et une source de chaleur indésirable en été et ont un impact important sur le confort d'espace.
- Matériaux : Pour optimiser la qualité des matériaux de construction. Le choix rationnel doit être effectué selon une critériologie conforme aux exigences du confort des occupants et de leur santé, du respect de l'environnement.

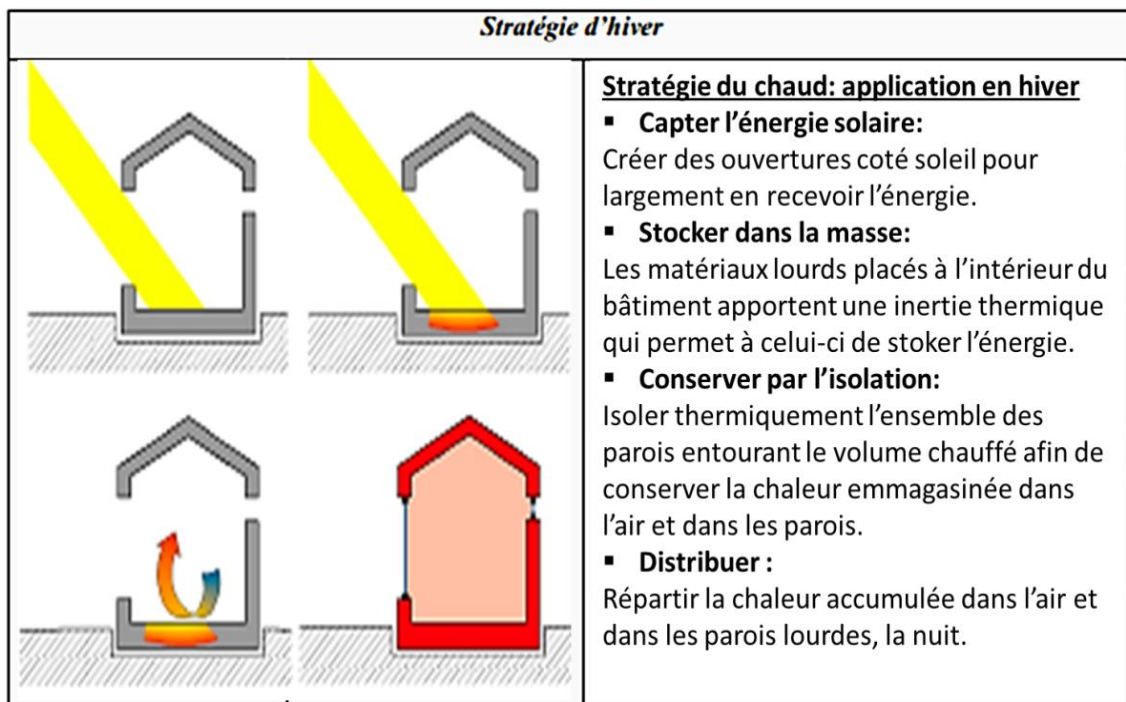


Figure VI-5: Les facteurs liés au bâti affecter le confort thermique.

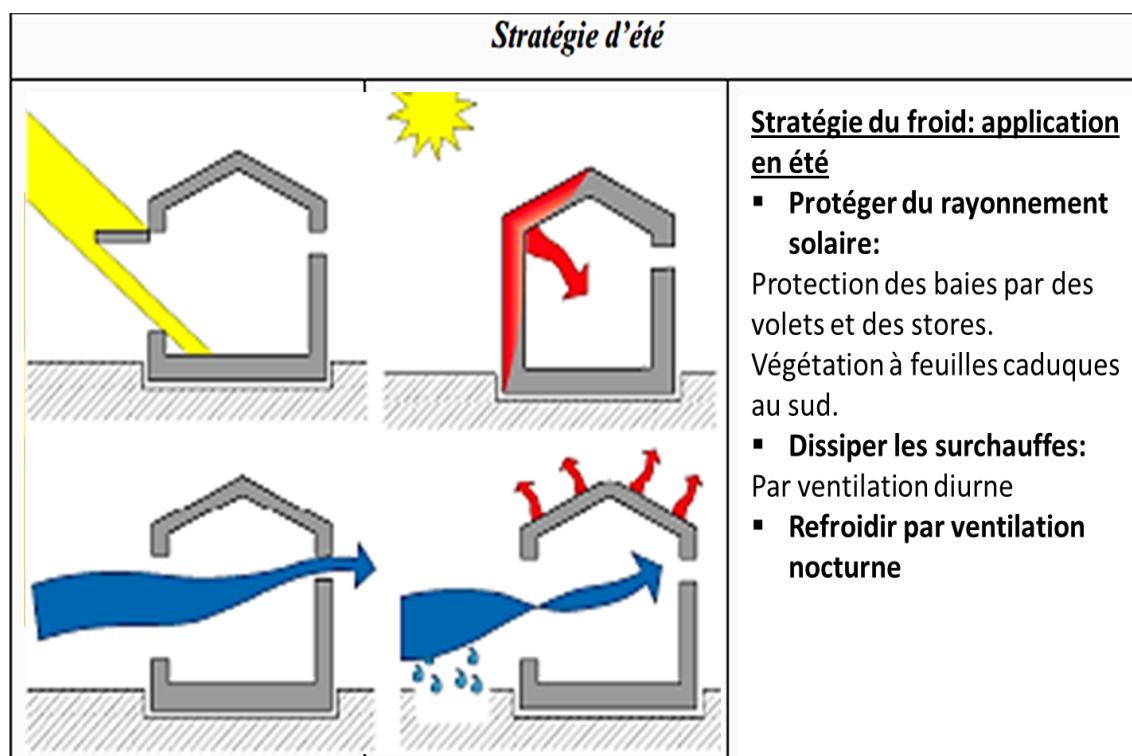
Source : Livre d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; Andre De Herde

VI.1.7. Les stratégies de confort thermique :

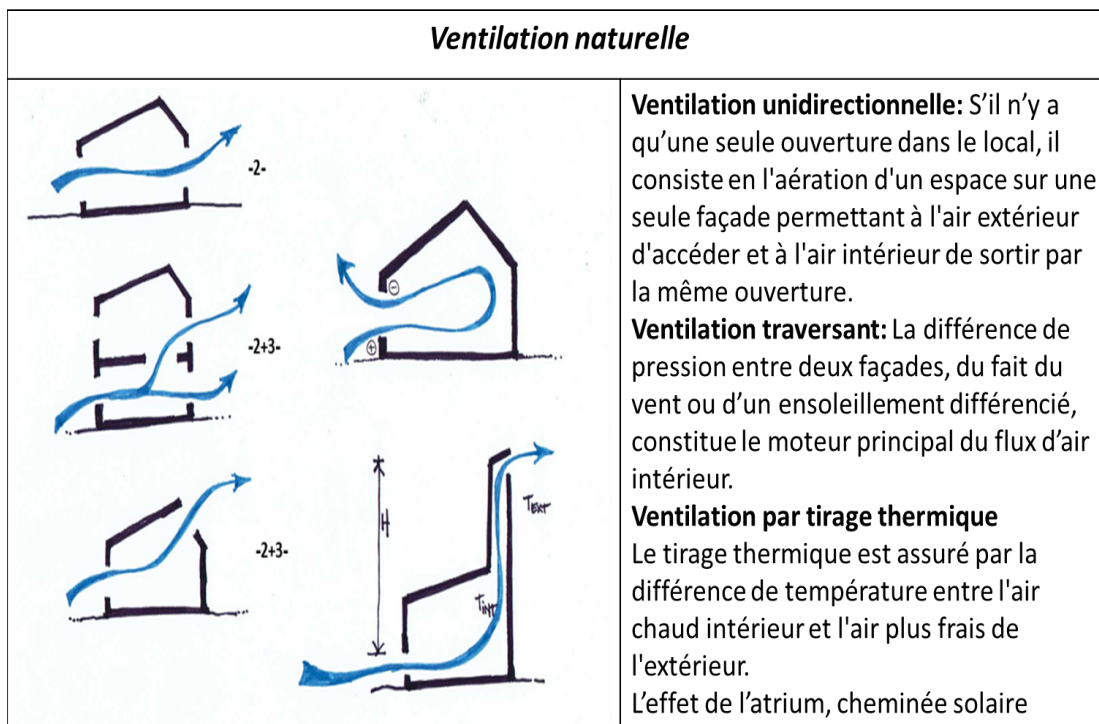
En climat froid, on s'efforcera de conserver toute la chaleur, qu'elle provienne de l'ensoleillement, d'apports internes ou d'un système de chauffage, aussi longtemps que possible à l'intérieur du bâtiment. C'est essentiellement la forme et l'étanchéité de l'enveloppe, ainsi que les vertus isolantes de ses parois qui limiteront les déperditions thermiques.



La façon la plus efficace de se protéger de l'ensoleillement direct trop important à certains moments est d'ériger un écran extérieur procurant de l'ombre. Ces structures d'ombrage peuvent être permanentes, amovibles ou saisonnières.



Ces stratégies doivent être complétées par la mise en place d'une bonne ventilation, de préférence naturelle, indispensable pour garantir un air sain et frais.³⁷



VI.1.8. Les techniques utilisées dans le cas d'étude :

VI.1.8.1 La serre bioclimatique :

Est un volume vitré capteur de chaleur. La qualité de la conception d'une serre bioclimatique est capitale pour éviter les effets inverses à ceux recherchés : pertes de chaleur en hiver et surchauffes en été.

- L'effet de serre : La serre c'est un espace tampon qui favorise le captage du rayonnement solaire; ce rayonnement est transformé en chaleur par effet de serre
- Le rôle de la serre :
 - ✓ Elle chauffe la construction en hiver.
 - ✓ Elle permet d'éviter les surchauffes d'été.
 - ✓ Elle peut devenir une pièce à vivre (véranda bioclimatique).
 - ✓ Elle consiste à emprisonner l'énergie apportée par le rayonnement solaire à travers un vitrage.

³⁷ Source : Cours de stratégie Master II 2019 « Architecture bioclimatique » de Mr benhouhou.

VI.1.8.2 Le choix de matériaux d'une serre :

- Le vitrage :

La surface vitrée est le premier élément qui permet la captation d'une quantité d'énergie solaire, elle se doit alors d'être la plus grande possible.

- ✓ Le simple vitrage : favorise les déperditions de chaleur, malgré la quantité importante d'énergie qu'il laisse passer.
- ✓ Le double vitrage : permet une meilleure isolation et compense la perte en transmission solaire. Préférez les vitres à isolation thermique renforcée.

- Structure :

- ✓ En bois : C'est un matériau noble ; recyclable ; écologique. Il permet de constituer un environnement chaleureux. Offre la meilleure isolation thermique et phonique. Il est résistant, durable et facile à réparer.

- Les murs séparant la serre et espace :

Les murs stockent une partie de la chaleur pendant la journée. Le soir ils rendent une partie de la chaleur emmagasinée et ralentissent le refroidissement. Il faut donc des matériaux à forte capacité thermique comme on a utilisé le BTCS.

- Des protections solaires supplémentaires :

- ✓ Des stores extérieurs filtrent les rayons du soleil avant qu'il ne traverse le vitrage.
- ✓ Des stores intérieurs blancs réfléchissent une grande partie des rayons qui ressortent par le vitrage.
- ✓ Des ouvertures vers l'extérieur évitent les chaleurs étouffantes en été.

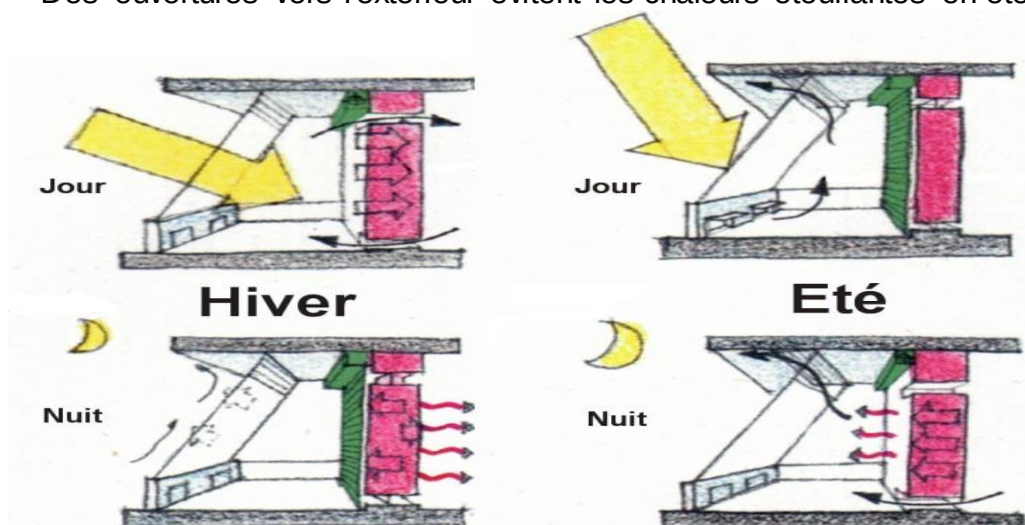


Figure VI-7 : Le fonctionnement d'une serre bioclimatique.

Source : www.cobse.fr/techniques_specifiques.html

- Pour obtenir une serre efficace :

La surface de vitrage doit être grande et orientée au sud.

Les vitrages extérieurs doivent être doubles et les vitrages entre la serre et la construction simples.

Grandes ouvertures vers l'extérieur sont préconisées de 25% de la surface vitrée pour favoriser la circulation d'air et un rafraichissement efficace.

La serre bioclimatique peut nécessiter l'installation d'un système de ventilation permettant de mieux faire circuler la chaleur emmagasinée le jour dans toutes les pièces pour chauffer pour doit plus efficace.

VI.1.9. Le matériau de construction utilisé :

Les BTCS présentent plusieurs avantages : bonne isolation thermique, bonne isolation phonique, imperméabilité, confort intérieur, emploi d'un matériau naturel ; régulation de la température intérieure notamment, délais de construction plus courts. Les blocs absorbent les rayons ultraviolets qui produisent de la chaleur et régulent la température.



caractéristiques	
Conductivité thermique (h)	0,1 W/m.C°
Masse volumique (C)	2000 Kg/m³
Chaleur spécifique	1500 J/Kg.C°
Capacité thermique volumique	3000 KJ/m³.C°
Capacité thermique surfacique	1200 KJ/m².C°

❖ Les composants de BTCS :

d'argile	environ 20 % à ±5 %
de sable	2 % à 5 %
de gravier	45 % à 70 %
d'eau	environ 10 % du poids sec

- ✓ Pour les stabilisants :

Le ciment : Pour 1m³ de terre ajouter 2 à 3 sacs (100 à 150kg) de ciment.

La chaux : Pour 1m³ de terre ajouter 3 à 4 sacs (120 à 160kg) de chaux.

Mélange ciment/chaux : Pour 1m³ de terre ajouter 3 à 4 sacs 50% ciment et 50%chaux.

VI.2. Evaluation numérique de confort thermique :

VI.2.1.Présentation de logiciel :

Energyplus est outil de simulation thermique dynamique développé par le département à l'énergie des USA.

Est un programme de simulation énergétique complet destiné aux ingénieurs, architectes et chercheurs, qui permettent de modéliser la consommation d'énergie (chauffage, climatisation, ventilation, éclairage, charges et processus) pour améliorer le confort et réduire la consommation d'énergie.



Figure VI-8: logiciel Energyplus.

Source : /www.energyplus.net

VI.2.2.Présentation de cas d'étude :

VI.2.2.1 Choix d'espace :

Les salles de classe ont été choisies pour leur importance dans le groupe scolaire ; sont des espaces d'intellectuelles qui besoin d'un confort pour assurer le confort des écoliers.

VI.2.2.2 Description d'espace d'étude :

- Orientation : Nord –Sud.
- Surface : 62m².
- Dimension : 9,1m * 7,2m.
- Hauteur sous plafond : 3,5m
- Forme régulière.
- Nombre d'occupation : 31

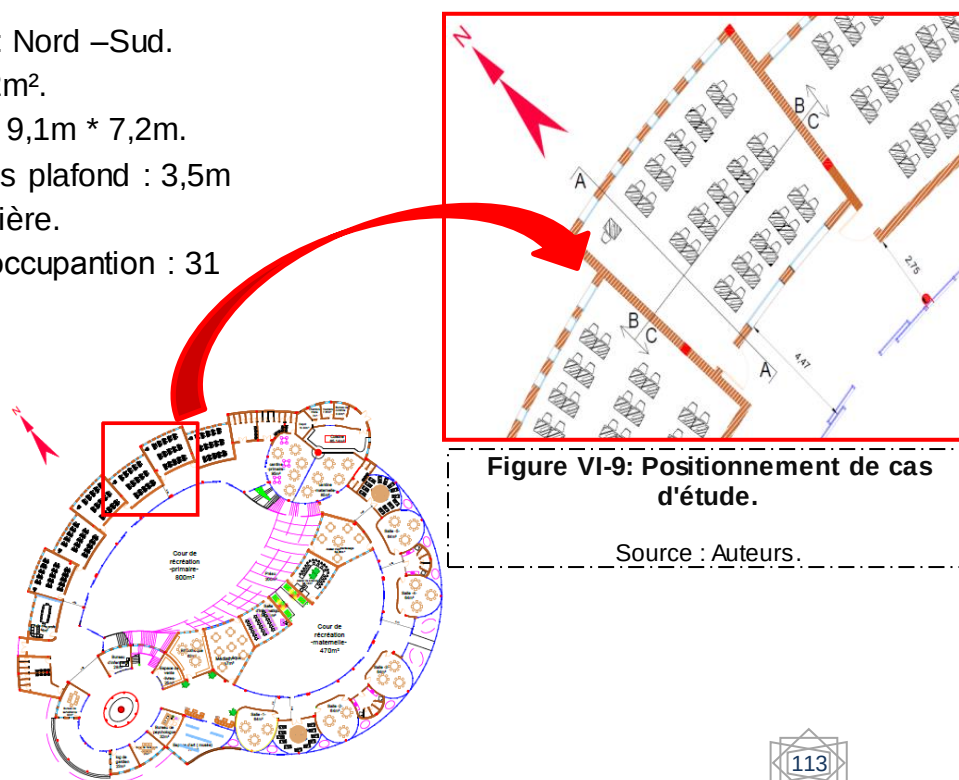


Figure VI-9: Positionnement de cas d'étude.

Source : Auteurs.

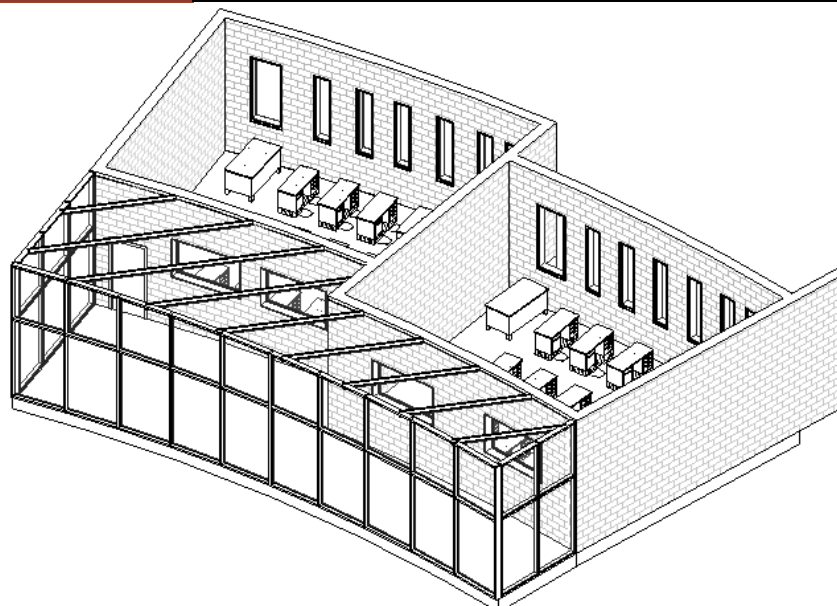


Figure VI-10: Vue 3D sur le cas d'étude.

Source : Auteurs.

VI.2.2.3 Paramètres d'étude :

Les paramètres fixés	Les paramètres variables
L'orientation Nord-Sud	Type des matériaux utilisés et les techniques appliquent
Dimension d'espace	

Tableau VI-3: Les paramètres d'étude. Source : Auteurs.

VI.2.2.4 Les matériaux utilisés :

Matériaux	Epaisseur	Conductivité	Densité	Chaleur spécifique
Brique 15	0,15	0,44	1100	940
Brique 10	0,10	0,44	1100	940
BTCS	0,15	0,1	2000	1500
Enduit plâtre	0,02	1	1200	1080
Enduit ciment	0,02	1	2200	1080
Mortier ciment	0,04	1	2200	1080
Liège expansé	0,05	0,046	140	620
Hérisson	0,3	1	1100	828
Dalle flottante	0,15	1,8	2400	946
Corps creux	0,16	1,2	2400	947
Carrelage	0,02	0,47	2000	800
Sable	0,03	0,4	1700	828
Verre	0,005	0,81	2500	2700
Porte plein	0,03	0,21	750	/

Tableau VI-4: les matériaux utilisés. Source : Auteurs.

VI.2.3. Les étapes de simulation :

Avant la simulation doit être suivi les étapes suivantes :

- Remplir les paramètres de simulation de logiciel.
- Remplir location et les données climatiques de la ville de Laghouat.

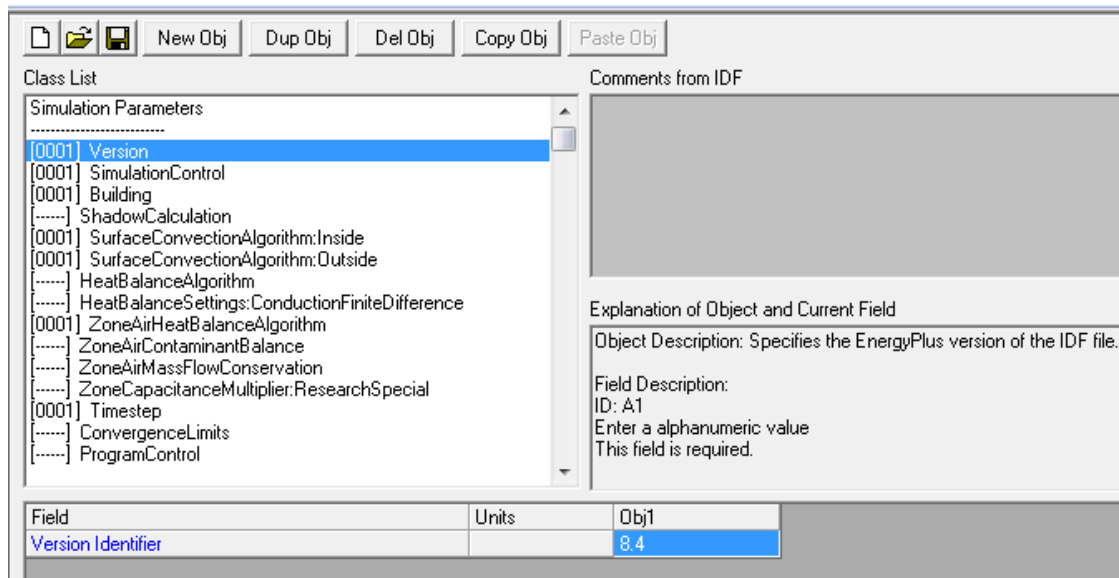


Figure VI-11: Les paramètres de simulation.

Source : Auteurs.

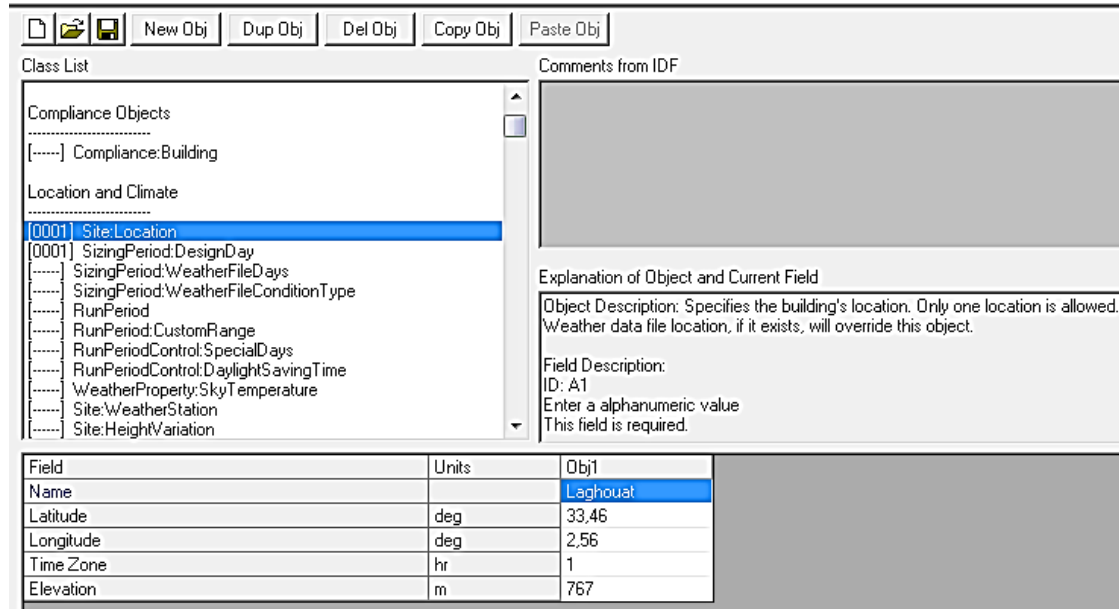


Figure VI-12: Location et les données climatiques de Laghouat.

Source : Auteurs.

- Remplir les matériaux et les composants des éléments de construction (les murs ; les planchers ; les dalles ; les portes ; fenêtres...).

The screenshot shows two main sections of the software interface. The top section is titled 'Class List' and contains a list of material types. Below this is a table of materials with columns for Name, Units, and various properties like Thickness, Conductivity, Density, etc. The bottom section is also titled 'Class List' and contains a list of construction components. Below this is a table of construction components with columns for Name, Units, and various properties like Thickness, Conductivity, Density, etc.

Figure VI-13: les matériaux et les composants de construction.

Source : Auteurs.

Mur extérieur	Mur intérieur	Plancher	Dalle	Fenêtres	Portes
Enduit plâtre	Enduit plâtre	Mortier ciment	Hérisson	Simple vitrage	Bois plein
Enduit ciment	Enduit ciment	Corps creux	Dalle flottante	Double vitrage	/
BTCS de 15	BTCS de 10	Enduit ciment	Sable	/	/
L'âme d'air	Enduit ciment	Enduit plâtre	Mortier ciment	/	/
BTCS de 10	Enduit plâtre	/	Carrelage	/	/
Enduit plâtre	/	/	/	/	/

Tableau VI-5: les composants de construction. Source : Auteurs.

- Remplir les coordonnées de chaque éléments de construction (X ; Y ; Z).

The screenshot displays the EergyPlus software interface, specifically the 'Construction Elements' table. The table is organized into columns for different building components (Obj1 to Obj10) and rows for various properties (Name, Surface Type, Construction Name, etc.). The data is as follows:

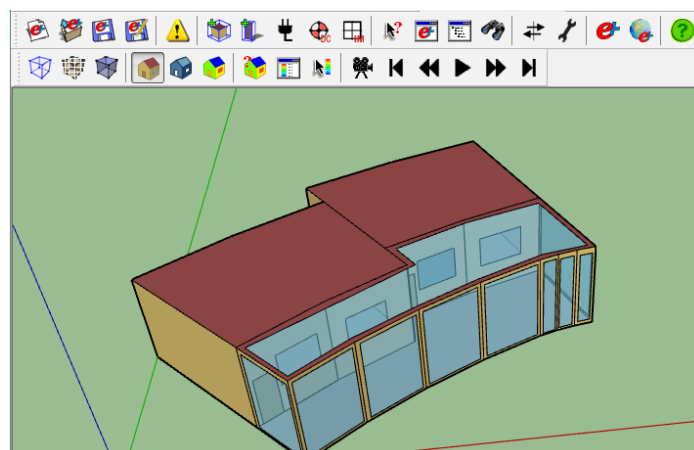
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		salle 1 mur 01	salle 1 mur 02	salle 1 mur 03	salle 1 mur 04	salle 1 floor 01	salle 1 roof 01	salle 2 mur 01	salle 2 mur 02	salle 2 mur 03	salle 2 mur 04
Surface Type		Wall	Wall	Wall	Wall	Floor	Roof	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Mur Entre Serre Cla	Mur exterieur	Mur exterieur	Mur interieur	Dalle de plancher	Dalle de plafond	Mur Entre Serre Cla	Mur interieur	Mur exterieur	Mur exterieur
Zone Name		classe 01	classe 01	classe 01	classe 01	classe 01	classe 01	classe 02	classe 02	classe 02	classe 02
Outside Boundary Condition		Zone	Outdoors	Outdoors	Adiabatic	Ground	Outdoors	Zone	Adiabatic	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object		serie						serie			
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	SunExposed	NoSun	NoSun	SunExposed	NoSun	NoSun	SunExposed	SunExposed
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	WindExposed	NoWind	NoWind	WindExposed	NoWind	NoWind	WindExposed	WindExposed
View Factor to Ground											
Number of Vertices		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0.675	0	9.3758	8.825	0.675	0.675	8.9891	9.5	19	17.2
Vertex 1 Y-coordinate	m	3	10.2	10.2	3	3	3	4.75	11.95	11.95	4.75
Vertex 1 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vertex 2 X-coordinate	m	0.675	0	9.3758	8.825	0	0	8.9891	9.5	19	17.2
Vertex 2 Y-coordinate	m	3	10.2	10.2	3	10.2	10.2	4.75	11.95	11.95	4.75
Vertex 2 Z-coordinate	m	4.08	4.08	4.08	4.08	0	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08
Vertex 3 X-coordinate	m	8.825	0.675	0	9.3758	9.3758	9.3758	17.2	8.9891	9.5	19
Vertex 3 Y-coordinate	m	3	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	4.75	11.95	11.95	4.08
Vertex 3 Z-coordinate	m	4.08	4.08	4.08	4.08	0	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08
Vertex 4 X-coordinate	m	8.825	0.675	0	9.3758	8.825	8.825	17.2	8.9891	9.5	19

The table continues with similar data for other building components like windows and doors, showing their respective coordinates and properties.

Figure VI-14: Les cordonnées des éléments de construction.

Source : Auteurs.

A l'aide d'open studio par sketchup exporté un fichier IDF vers Eergyplus.



- ❖ Pour la ventilation naturelle :
- Remplir les zones de ventilation naturelle.

Step 1: Schedules

Field	Units	Obj1
Name		Day (A)
Schedule Type Limits Name		Fraction
Hour 1	varies	1
Hour 2	varies	1
Hour 3	varies	1
Hour 4	varies	1
Hour 5	varies	1
Hour 6	varies	1
Hour 7	varies	1
Hour 8	varies	1
Hour 9	varies	0
Hour 10	varies	0
Hour 11	varies	0
Hour 12	varies	0
Hour 13	varies	0
Hour 14	varies	0
Hour 15	varies	0
Hour 16	varies	0
Hour 17	varies	0
Hour 18	varies	0
Hour 19	varies	0

Step 2: Natural Ventilation and Duct Leakage

Field	Units	Obj1
Name		NaturalVentilation
AirflowNetwork:Control		MultiZoneWithoutDi
Wind Pressure Coefficient Type		SurfaceAverageCalc
AirflowNetwork:Wind Pressure Coefficient Array Name		OpeningHeight
Height Selection for Local Wind Pressure Calculation		LowRise
Building Type		ZeroNodePressures
Maximum Number of Iterations	dimensionless	500
Initialization Type		0.000001
Relative Airflow Convergence Tolerance	dimensionless	0.00001
Absolute Airflow Convergence Tolerance	kg/s	0
Convergence Acceleration Limit	dimensionless	0
Azimuth Angle of Long Axis of Building	deg	1
Ratio of Building Width Along Short Axis to Width Along		No
Height Dependence of External Node Temperature		No

Step 3: AirflowNetwork:MultiZone:Surface

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		ventilation	ventilation 02
Zone or ZoneList Name		serre	classe 02
Schedule Name		YEAR (A)	YEAR (A)
Design Flow Rate Calculation Method		Flow/Zone	Flow/Zone
Design Flow Rate	m3/s	0	0
Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Flow Rate per Person	m3/s-person		
Air Changes per Hour	1/hr		
Ventilation Type		Natural	Natural
Fan Pressure Rise	Pa	0	0
Fan Total Efficiency		1	1

Step 4: AirflowNetwork:MultiZone:Surface:Crack

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Surface Name		fenetre serre Mur01	fenetre 03	fenetre 04	fenetre 05	fenetre 06	fenetre 07	fenetre 08	fenetre 09	fenetre 10	fenetre 11
Leakage Component Name		Fenetre	Fenetre	Fenetre	Fenetre	Fenetre	Fenetre	Fenetre	Fenetre	Fenetre	Fenetre
External Node Name											
Window/Door Opening Factor, or Crack Factor	dimensionless	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ventilation Control Mode		Temperature	Temperature	Temperature	Temperature	Temperature	Temperature	Temperature	Temperature	Temperature	Temperature
Ventilation Control Zone Temperature Setpoint Schedule	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)	YEAR (A)
Minimum Venting Open Factor	dimensionless	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indoor and Outdoor Temperature Difference Lower Limit	deltaC	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Indoor and Outdoor Temperature Difference Upper Limit	deltaC										
Indoor and Outdoor Enthalpy Difference Lower Limit	deltaJ/kg										
Indoor and Outdoor Enthalpy Difference Upper Limit	deltaJ/kg										
Venting Availability Schedule Name											
Occupant Ventilation Control Name											

Figure VI-15: les étapes de ventilation naturelle.

Source : Auteurs.

VI.2.4.La simulation :

VI.2.4.1 Période de simulation :

Par l'insertion, des données climatique introduit manuellement de la ville de Laghouat, dans le cas le plus critique en hiver d'un jour froid, le 21 janvier, les heures qui nous intéressent les heures de l'étude depuis 8:00H jusqu'à 16:00H. Et pour le cas d'été le 31 Mai le dernier jour d'étude primaire.

1. Cas 01 : période hivernale 21 janvier.

Jour d'étude	Température Max	Vitesse de vent	Direction de vent	Evidence de ciel
21 Janvier	20C°	2,2Km/h	3°	0,98

1.(a). Sans serre :

Après la simulation on a obtenu les résultats suivants :

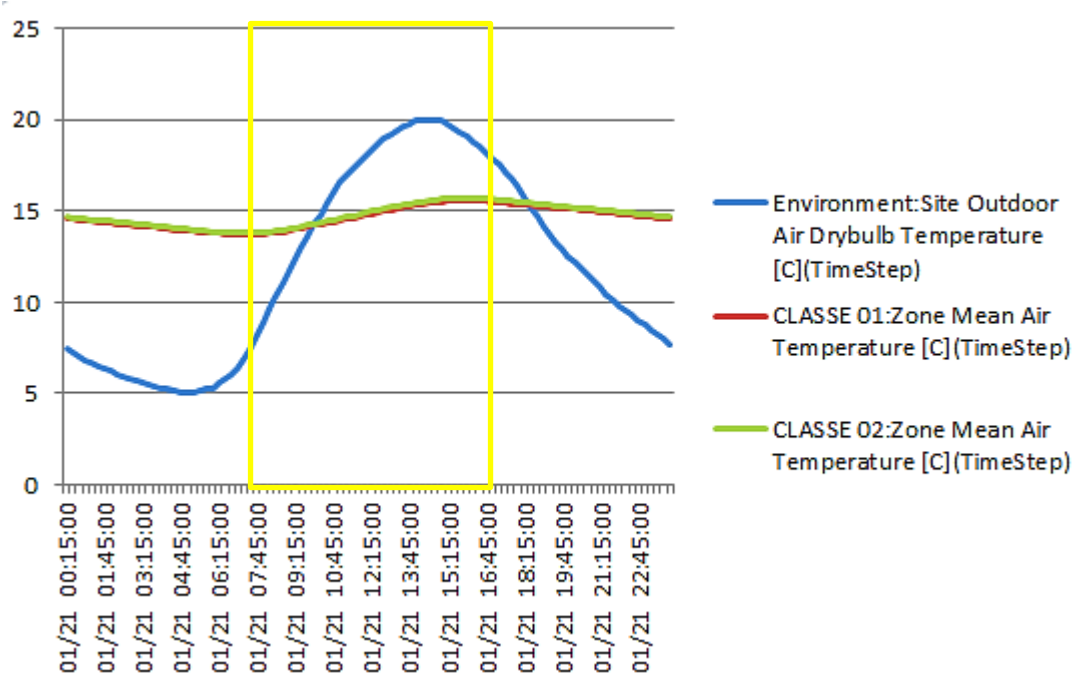


Figure VI-16 : Graphe Période hivernale sans serre et BTCS.

Source : Auteurs.

Interprétation :

D'après la simulation ; on remarque que la température intérieure des classes est basse varie entre 14C° et 15C°. Pour rattraper la marge de confort thermique il faut recourir au chauffage passif par effet de serre et la chaleur produite doit être conservé par l'utilisation de BTCS.

1.(b). Avec la serre et BTCS.

Après la simulation on a obtenu les résultats suivants :

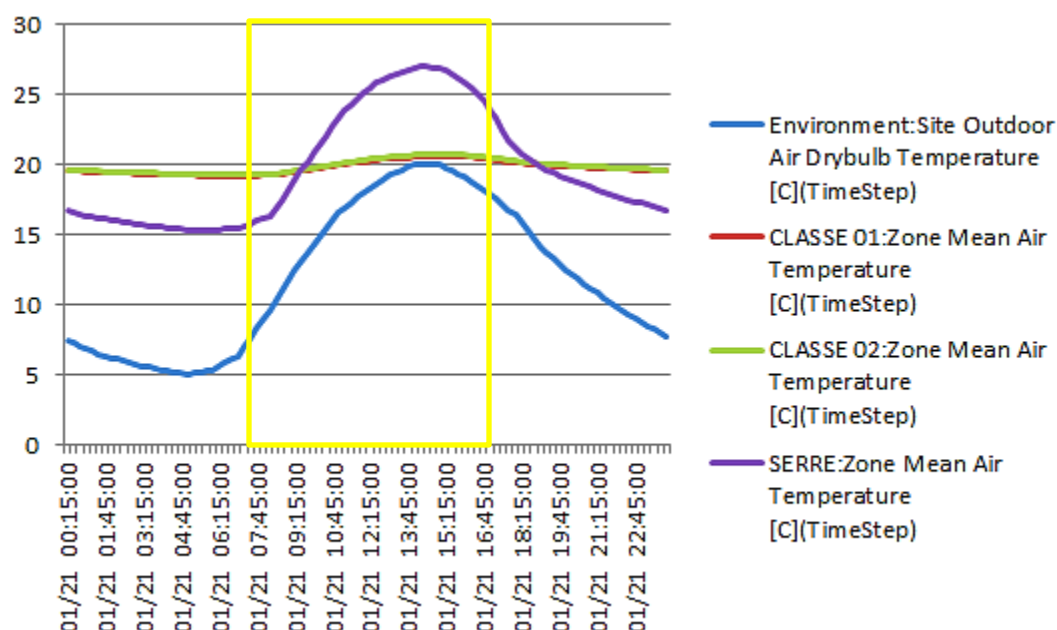


Figure VI-17: Graphe Période hivernale avec serre et BTCS.

Source : Auteurs.

Interprétation :

On remarque que l'utilisation de l'effet de serre au niveau de corridor et la diminution de la déperdition thermique à travers les parois en BTCS améliorent le confort thermique et élèvent la température jusqu'à 21°C.

Alors on conclut que l'effet de serre est efficace de chauffé l'intérieur des classes et aussi pour renforcé l'isolation de l'enveloppe par le matériau écologique le BTCS (un bon régulateur de température) qui garde la température à l'intérieur des classes.

2. Cas 02 : période 31 Mai.

Jour d'étude	Température Max	Vitesse de vent	Direction de vent	Evidence de ciel
31 Mai	38C°	3Km/h	235°	0,98

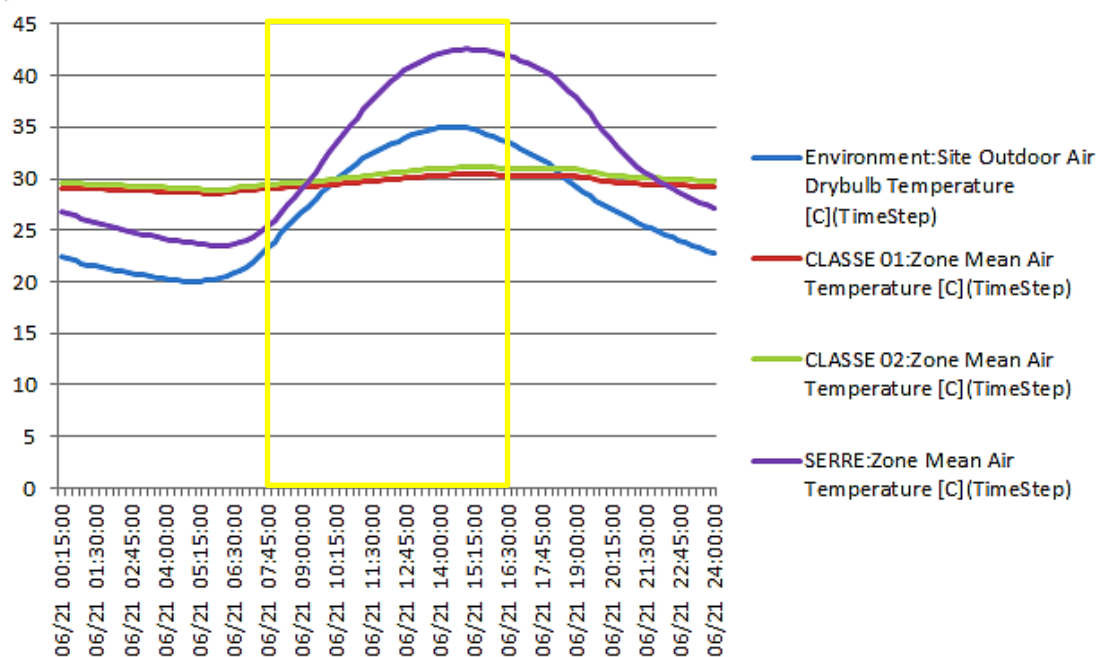
2.(a). Avec la serre :

Figure VI-18: Graphe Période de 31 Mai avec serre fermée.

Source : auteurs.

Interprétation :

A travers le diagramme ci-dessus ; on remarque que la température atteint 32C° au niveau de la classe et 43C° au niveau de la serre (corridor). La chaleur cumulée dans le corridor influe négativement sur le confort thermique dans les salles de classe. On remarque que aussi une petite différence entre salle de classe 01 et 02 parce que la salle de classe 02 est plus exposé à l'extérieur.

Pour rattraper la marge de confort et diminuer la chaleur on propose :

- Ouvrir la façade du corridor pour négliger l'effet de serre.
- Assurer une ventilation naturelle nocturne.
- Utilisation de matériau isolant a haut inertie thermique BTCS.

2.(b). Avec ventilation nocturne et BTCS :

Fonctionnement de la serre dans la période estivale		
Ventilation nocturne		Protection solaire(stores)
Ouverture	Fermeture	Pendant la période estivale
16:00h _ 8:00h	8:00h _ 16:00h	

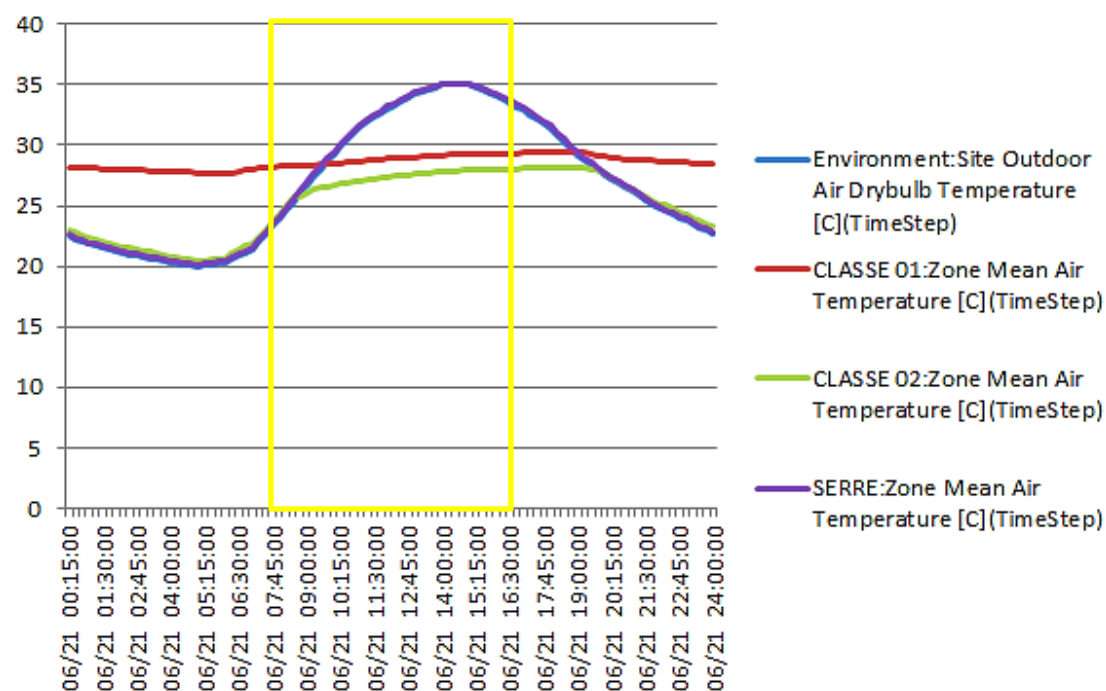


Figure VI-19: Graphe Période de 31 Mai avec ventilation nocturne.

Source : Auteurs.

Pour la classe 01 : amélioration avec BTCS et sans ventilation nocturne.

Pour la classe 02 : amélioration avec BTCS et la ventilation nocturne.

Le scénario d'ouverture et la fermeture des ouvertures est adapté avec les heures de travail : on ferme à 08 :00h et on l'ouvert à 16 :00h.

Interprétation :

D'après l'amélioration ; on remarque que la température intérieure des classes est diminuée jusqu'à 28°C pour la classe 01 et de 26°C dans la classe 02.

Alors on conclut que le BTCS et la ventilation nocturne ont amélioré la température intérieure des classes pour assurer le confort des écoliers.

Pour plus d'amélioration ; on utilise l'eau sous forme des fontaines et la végétation.

❖ Des schémas explicatifs les techniques utilisés selon les périodes :

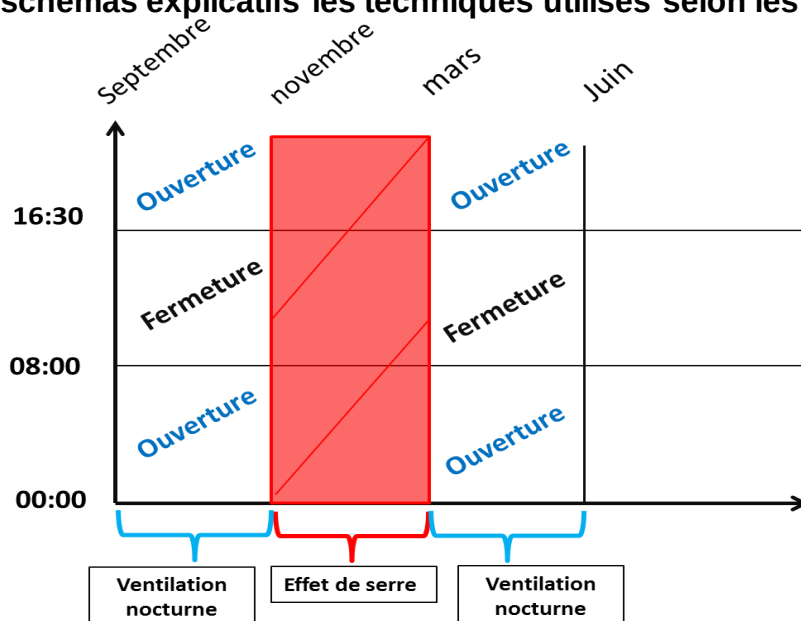


Figure VI-20: schéma explicatif des techniques utilisées selon les périodes.

Source : Auteurs.

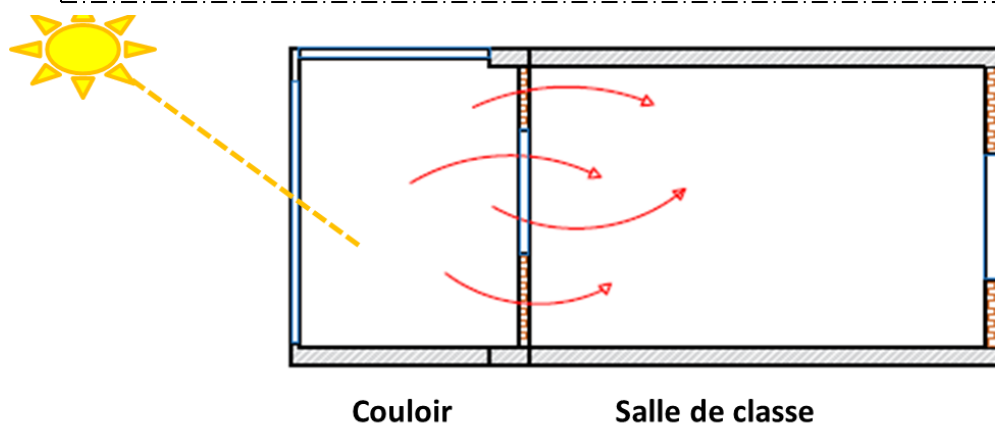


Figure VI-21: Schéma dans la période hivernale.

Source : Auteurs.

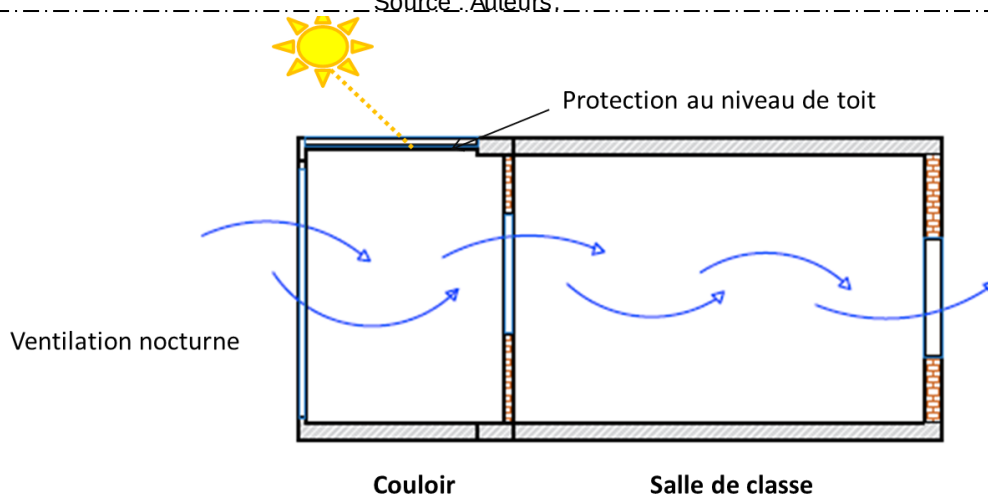


Figure VI-22: Schéma explicatif de ventilation nocturne dans la période chaude.

Source : Auteurs.

3. La comparaison entre les résultats :

3.(a). Période hivernale (21 janvier) :

Comparaison entre les résultats obtenus :

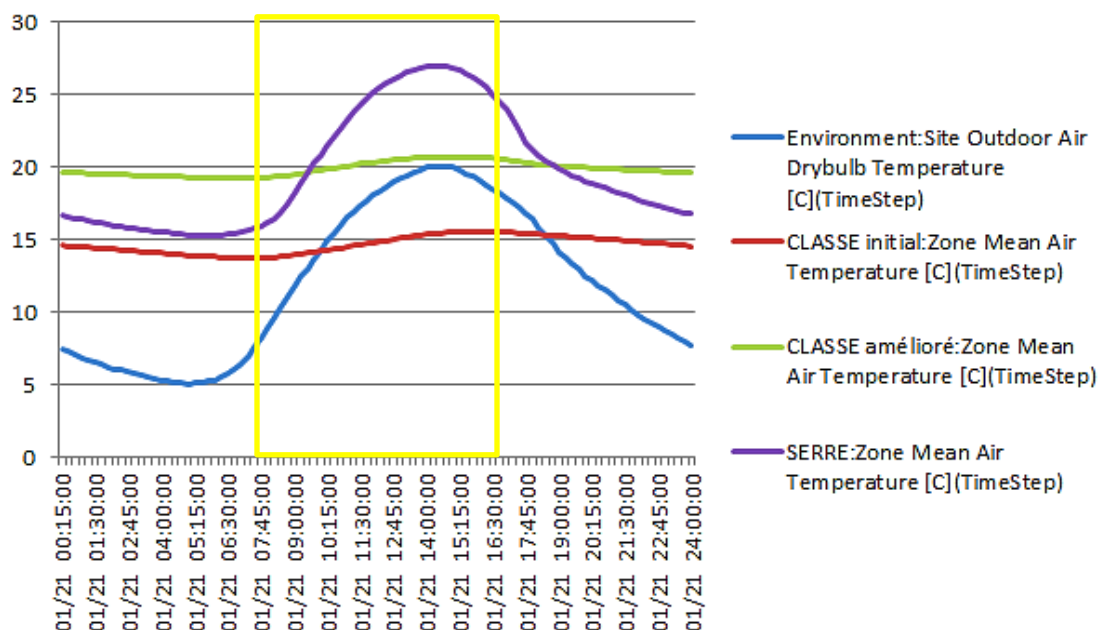


Figure VI-23: Graphe d'une Comparaison entre les résultats période hivernale.

Source : Auteurs.

3.(b). Période chaude (31 Mai) :

Comparaison entre les résultats obtenus :

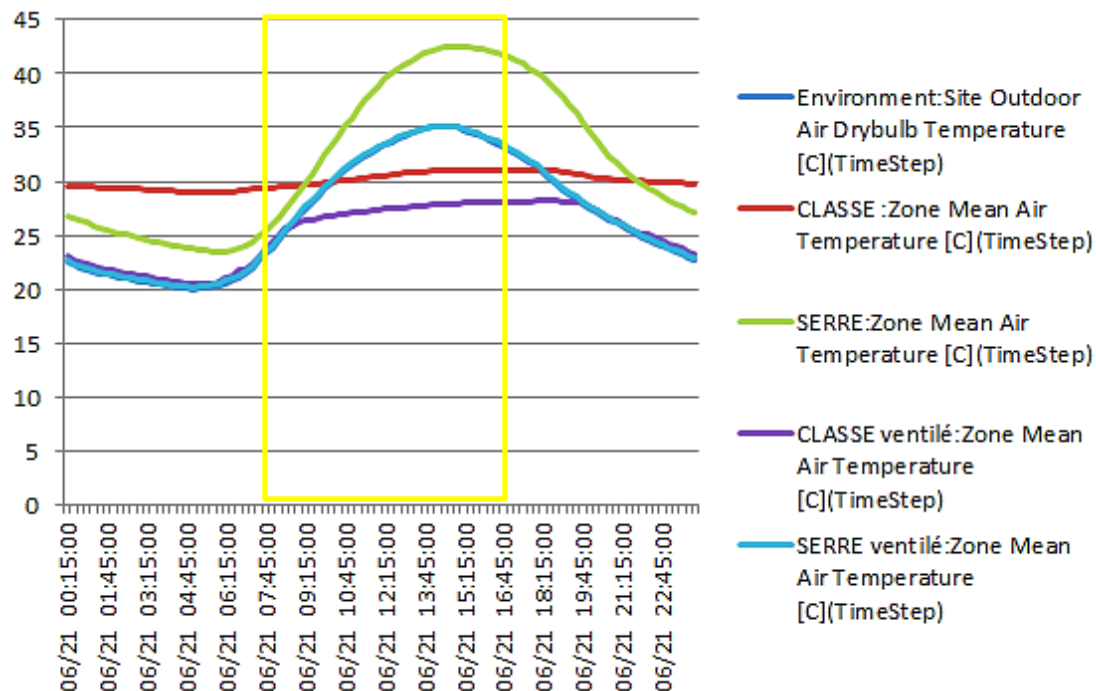


Figure VI-24: Graphe d'une Comparaison entre les résultats période chaude.

Source : Auteurs.

Interprétation de comparaison :

Après les résultats de comparaison de simulation on remarque que les solutions passives améliorent la température dans le cas étudié ; il donne des résultats suffisants qui assurent une température confortable dans les salles de classe.

Cas hiver : la température intérieure gagnée est variable entre 20°C et 21°C par rapport au cas initial alors différence de 4°C

Cas chaud : la température intérieure a perdu 3°C par rapport au cas initial.

La simulation n'a pas pris en considération les aménagements de l'espace extérieur (végétation et plan d'eau) qui assurent la première protection du bâtiment contre les conditions climatiques intenses et qui forme un micro climat au projet, donc tous ces aménagements vont contribuer d'avantage à améliorer plus les conditions du confort.

Fonctionnement de la serre en hiver : doit être fermée jour et nuit afin de bénéficier de l'effet de serre produit par l'exposition au rayonnement solaire pendant une longue durée de la journée.

Fonctionnement en été : le jour la serre doit être fermée et protégée de rayonnement solaire à l'aide d'une isolation mobile (les stores), la nuit la serre est ouverte afin de bénéficier de l'effet de la baisse de température à l'extérieur pour retarder la pénétration de l'air chaud vers l'intérieur.

Pour renforcer l'efficacité de la serre nécessiter d'installer un système de ventilation permettant de mieux faire circuler la chaleur emmagasinée le jour dans toutes les pièces (les salles de classe et le couloir).

VI.3. Synthèse :

A travers ce travail de simulation, d'une salle de classe orientée nord, on a trouvé que l'orientation avec des fenêtres étroites, utilisation de BTCS et l'exploitation de l'effet de serre au niveau de la façade sud puissent créer des conditions thermiques acceptables à certain degré.

L'orientation nord permet d'éviter exposition directe des parois extérieures au rayonnement solaire intense pendant la période chaude. L'exploitation de l'effet de serre à travers le corridor permet de bénéficier des rayonnements solaires en hiver, en même temps cet espace joue de rôle d'une protection en période chaude. Pour l'enveloppe, les fenêtres étroites et le BTCS aident à contrôler la transmission de la chaleur Intérieur /extérieur en hiver et extérieur/intérieur pendant la période chaude.

La valeur de température atteinte par ces solutions reste toujours en dehors de la marge de confort de 01 ou 02 degrés pendant la période chaude. Pour rétablir le confort thermique, il faut recourir à des systèmes de rafraîchissement et refroidissement naturels par eau et végétation. L'eau sera utilisée sous forme des fontaines et jet d'eau, pour renforcer l'échange de chaleur entre l'eau et l'air (les molécules d'eau absorbent les calories). Et la végétation pour l'humidification, l'ombre, protection au niveau de la terrasse et pour diminuer l'albédo.

En fin la solution finale est de combiner entre tous ces principes, techniques et stratégies qui peuvent être une guideline appropriée à la conception des salles de classes dans les zones arides. En réalité, la négligence de n'importe quel élément soit pendant la réalisation ou l'entretien pendant l'exploitation du bâtiment peut affecter l'efficacité des autres solutions adoptées et l'intégration avec sans milieu.

Conclusion générale

VII. Conclusion :

Dans ce modeste mémoire, on a essayé d'élaborer un projet d'un groupement scolaire à Laghouat. Pour concevoir ce projet, qu'il doit fournir un espace d'accueil pour l'enfant et ses tâches d'apprentissage, on a pris en considération les paramètres fonctionnels et d'ergonomie pour déterminer les caractéristiques du quartier résidentiel pour déterminer la capacité du projet.

A cet égard, l'étude théorique démontre que les conditions nécessaires ne se limitent pas aux conditions fonctionnelles et de capacité mais elles les dépassent à la qualité de l'environnement intérieur liées au bien être des écoliers et à l'exécution des tâches scolaires. On a donné l'intérêt essentiellement aux conditions de confort thermique et visuel. Les conditions thermiques sont fixées dans la marge de confort thermique de l'être humain, par contre celles du confort visuel sont liées au niveau d'éclairement recommandé pour les salles de classe avec l'absence des différents gênes ; taches solaires ; contraste ; éblouissement et problème d'uniformité.

Afin de créer un environnement adéquat pour le bien-être des enfants et l'exécution des tâches scolaires, on a pris en considération les conditions climatiques, caractérisant la ville de Laghouat, dans le parcours du processus de conception du projet. Pour s'intégrer aux conditions climatiques on a parcouru à une forme compacte orientée Nord/Sud avec une cour intérieure, à l'exploitation de l'effet de serre pour le chauffage passif, à des ouvertures étroites et éclairage bilatéral, aux blocs de terre compressé et stabilisé BTCS pour les parois, sans omettre l'aménagement extérieur de l'utilisation de la végétation et les plans d'eau pour créer l'ombre et rafraîchir l'air extérieur.

L'utilisation de logiciel EnregyPlus pour l'aspect thermique du confort a démontré l'efficacité des stratégies et techniques adoptées, avec des travaux de correction surtout la ventilation nocturne, durant la période chaude, pour évacuer la chaleur stagné dans les salles de classe, et avec le recours à un système de modélisation de lumière naturelle pour contrôler la qualité d'éclairage et éliminer l'éblouissement et le contraste.

Enfin on note que la solution finale n'est pas de traiter chaque aspect d'une façon séparée mais de concilier entre l'aspect thermique et l'aspect visuel. En plus la



Conclusion générale

création d'un environnement favorable pour les enfants et l'apprentissage s'étale aux autres conditions de confort surtout la qualité de l'air intérieur, ce qui ouvre plusieurs nouveaux axes de futur recherche, dans l'objectif d'élaborer un guideline appropriée à la conception des groupements scolaires dans la zone chaude et aride.

Références

Les références :

Les Ouvrages :

1. Alain Liébard, André De Herde -Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique-;éditeur : Le Moniteur (23 mars 2006)
2. Ana Cristina Garcia Cañizares -crèches , écoles et lycées , nouvelles tendances architecturales- éditeur : Place des Victoires; (3 septembre 2009)
3. Philipe MaDEC- Architecture et qualité environnementale- Les Annales de la Recherche Urbaine Année 2002 92 pp. 140-142.
4. Neufert- Les éléments des projets de construction- 10 éme édition

Articles et rapports :

1. Guide : Confort thermique à l'intérieur d'un établissement ; Direction de la prévention-inspection ; Jean-Yves Charbonneau. Québec, 2004.
2. Guide : l'éco construction ; Agence régionale de l'environnement de Lorraine ; Daniel BEGUIN.
3. Guide : la revue de LUX de l'éclairage ; cahier technique ; LUX n°228.Mai/Juin 2004.
4. Rapport : IMPACT DU DISPOSITIF DE L'ECLAIRAGE LATERAL SUR LE CONFORT VISUEL DES USAGERS EN ZONES ARIDES.
Mr.MEZAOUK.LAKHDAR
5. Rapport : Normes de construction des bâtiments scolaire (direction du génie scolaire) juin 2013.
6. Rapport : L5C ; STRATÉGIE DU CHAUD/STRATÉGIE DU FROID ; LES GRANDS PRINCIPES ; ENSAG- Novembre 2011 - A. Misse

Thèses :

1. (HAROUDI Lamis.06/2016) L'impact de la qualité architecturale des établissements scolaires sur la performance de système éducatif en Algérie –cas d'étude : les lycées de constantine).Université Constantine 03.
2. (SADDOK .Amel.01/2016) Etude confort thermique des salles de cours des établissements scolaires à différentes typologies. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 01/2016.
3. (SAFFIDINE. Djamila. 04/2001) Sunlight problems within new primary school classrooms in Constantine. UniversitéMentouri de Constantine. 4/ 2001.
4. (TABBOUCHE.Hocine 11/2010) impact de la qualité environnementale des établissements scolaires sur la performance de système éducatif en Algérie. Université Mohammed Seddik benyahia de JJEL. 11/2010.

Direction et agence :

1. Bureau d'étude : Goumida Issam
2. DLEP : direction de logement et de l'aménagement public - Laghouat -

3. DPSG : direction de la programmation et suivi budgétaire ; Monographie wilaya de Laghouat édition 2017.
4. Syndicat national unitaire des instituteurs, professeurs des écoles et PEGC.

Site d'internet :

1. www.archidaily.com
2. www.cobse.fr
3. www.construction-maison.ooreka.fr
4. www.energyplus.com
5. www.google Earth.com
6. www.google Maps.com
7. www.initiativesclimat.org
8. www.lemoniteur.fr
9. www.Pinterest.fr
10. www.Slideshare.com
11. www.Slideplayer.fr
12. L'encyclopédie libre fr.wikipedia.org

Outils numérique :

1. EnergyPlus version 8.4

Annexe

Nombre des établissements scolaires dans la commune de Laghouat :³⁸

Etablissement	Primaire	Moyen	Lycée	Sommet
Nombre	69	25	15	109

Le programme officiel :³⁹

Type d'école	Classes	Nombre des élèves
A	03	120
B	06	240
C	09	360
D	12	480

Programme des exemples :

espace	Ecole primaire+école maternelle à Saint-Denis			école maternelle Grézieu-la-Varenne		
	Nombre	SU (m ²)	ST (m ²)	NB	SU (m ²)	ST (m ²)
Halle	1	100	100	1		
Salle de classe	9	72	504	10	62	620
salle de lecture	10	35	350	/	/	/
Salle d'activités collectifs - Salle de motricité	2	150	300	1	62	62
Salle de repos (sommeil)	3	100	300	/	/	/
dépôt	4	20	80	1	20	20
loge de surveillance	2	20	40	1	15	15
sanitaire	7	27	189	2	20	40
Vestiaire	/	/	/	4	20	80
réfectoire	9 salles (40m ²)	40	360	1	100	100
cuisine	1	100	100	1	40	100
Bureaux d'administration	2	20	40	3	20	60
aire de récréation + jardin pédagogique	2	1100	1100	1	4025	4025
surface totale		4800			5810	

³⁸ Source : Monographie de Laghouat 2017.

³⁹ Source : direction des infrastructures et des équipements de Laghouat.

La population de la ville de Laghouat est : 209109 ⁴⁰

- Répartition de la population par tranche d'âge (0- 10 ans) est : 21463

$$\begin{array}{l} 206109 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} 100\% \\ P(0-10) : 21463 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} x\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 206109 \\ P(0-10) \end{array}} \right\} X = 10.5\%$$

- Nombre de logements – oasis nord - est : 1942

- Nombre de personnes dans chaque logement est : $1942 \times 5 = 9710$

$$\begin{array}{l} P(\text{quartier}) = 9710 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} 100\% \\ P(0-10) = ? \text{ } \underline{\hspace{2cm}} 10.5\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} P(\text{quartier}) \\ P(0-10) \end{array}} \right\} P(0-10) = 1020$$

- Il existe deux écoles primaire de type B et D dans ce quartier

- type D = 480 élève ; type B = 240 élève.

- $240 + 480 = 720$ $\underline{\hspace{2cm}} 1020 - 720 = 300$ élève

- tranche d'âge entre (3 _ 5 ans) est : 42% :

$$\begin{array}{l} 300 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} 100\% \\ E(3-5 \text{ ans}) : ? \text{ } \underline{\hspace{2cm}} 42\% \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} 300 \\ E(3-5 \text{ ans}) \end{array}} \right\} E(5-2) = 120 \text{ enfant}$$

Selon le SNUipp-FSU, le nombre d'enfants dans l'école maternelle ne dépasse pas 24 par classe

Les salles de maternelle : $120 / 24 = 5$ salles

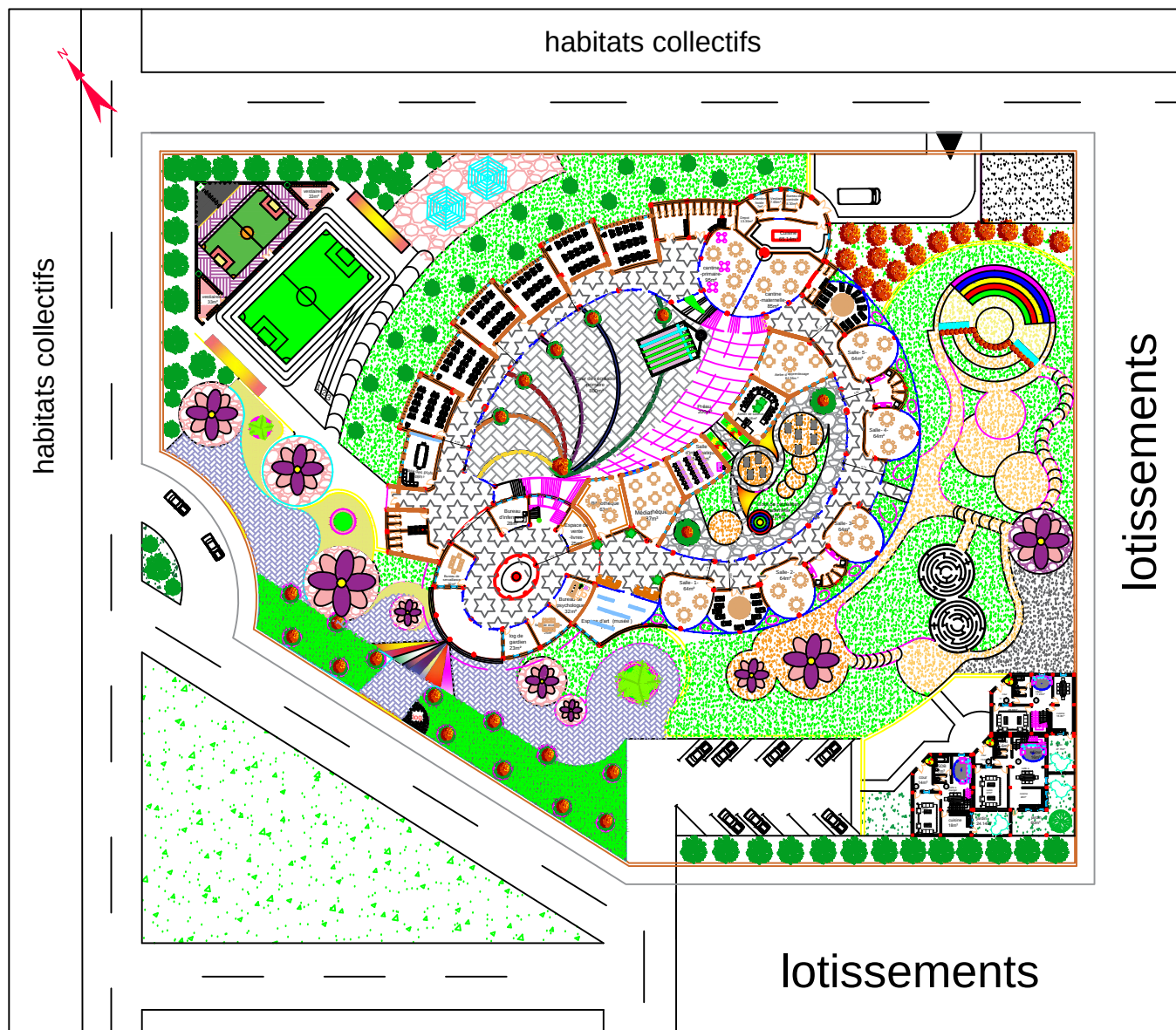
Alors : $E(6-10) = 300 - 120 = 180$ élève

Pour améliorer la qualité d'espace, nous formons 180 élèves en 6 classes
(école type B)

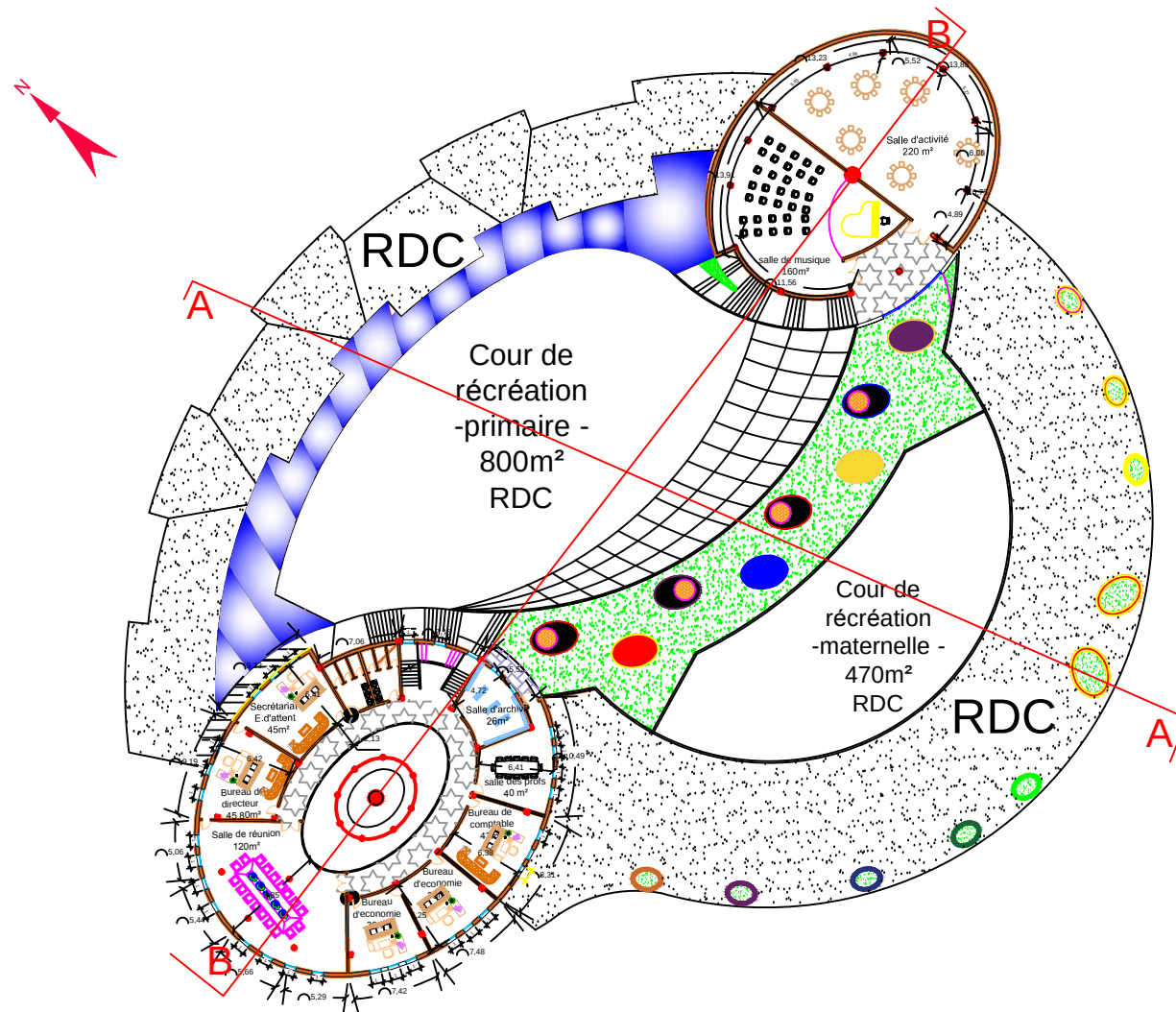
Nombre des élèves dans la salle de classe – primaire -:

$180 / 6 = 30$ élève par classe.

⁴⁰ Source : Syndicat national unitaire des instituteurs, professeurs des écoles et PEGC
Monographie wilaya de Laghouat édition 2017.

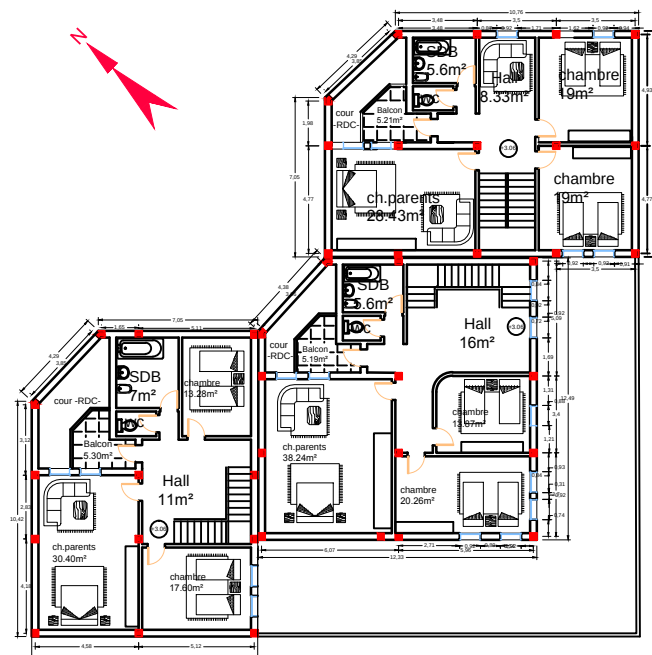
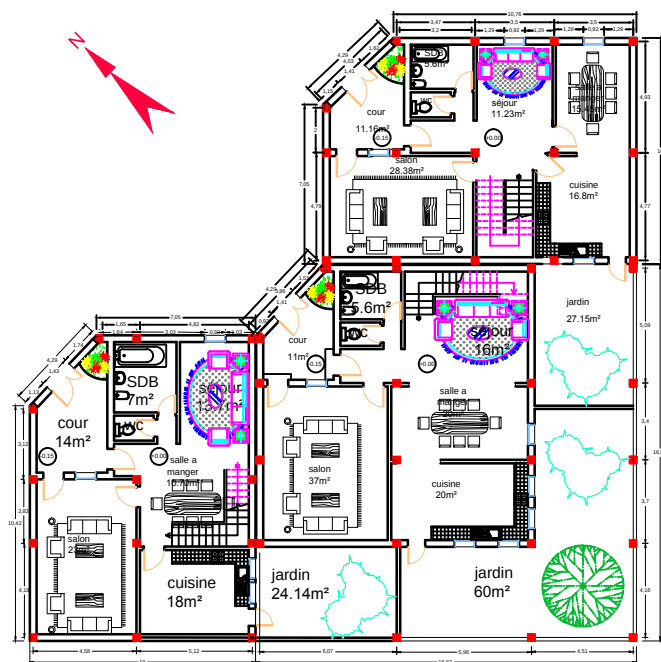


Plan d'assemblage

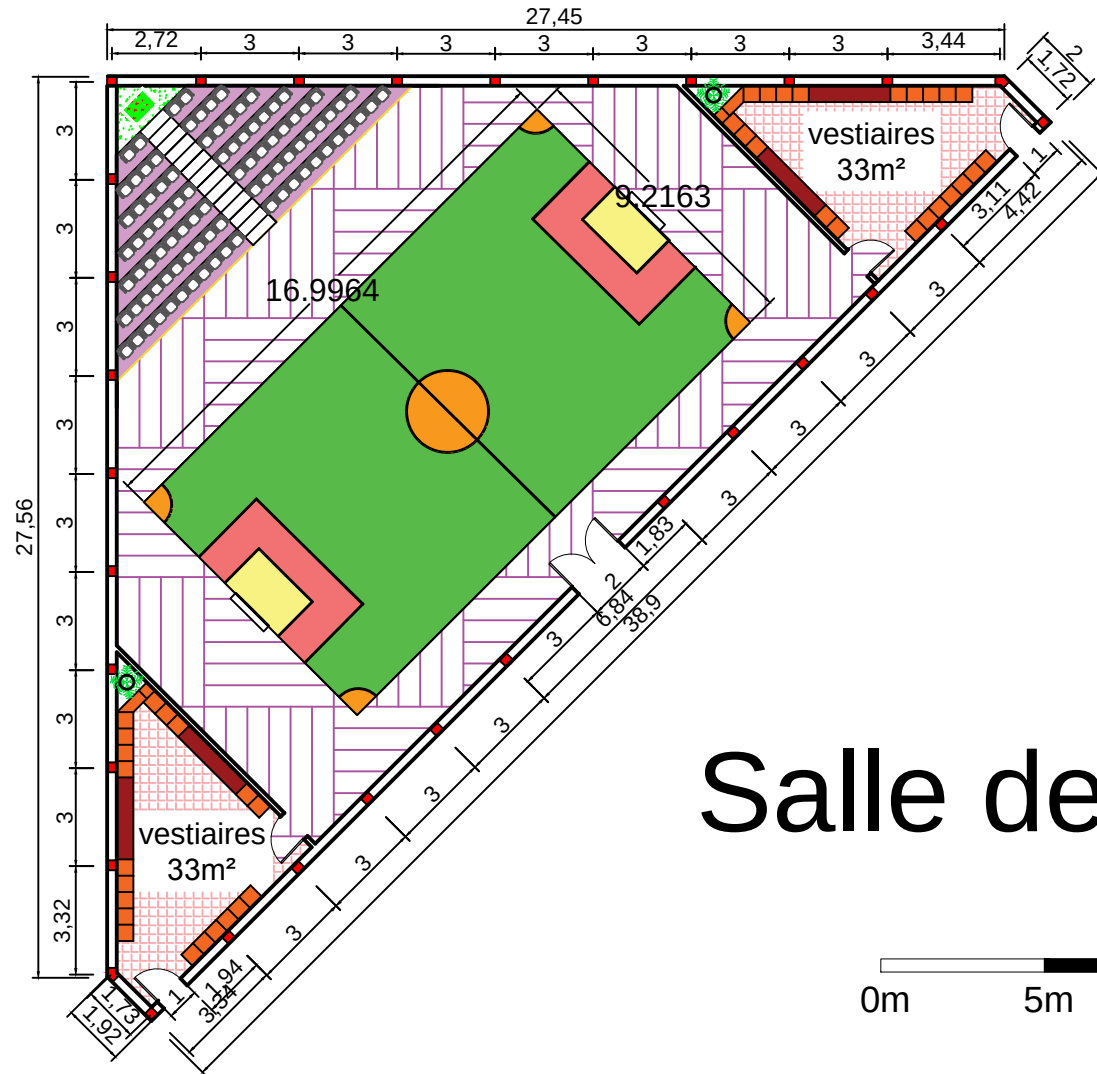


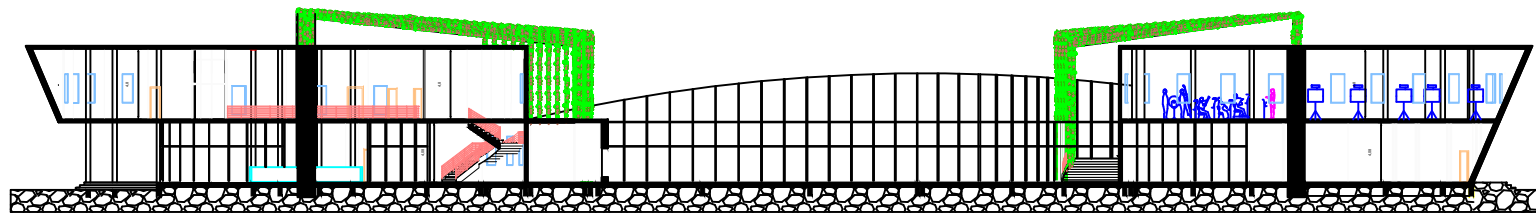
Plan de R+1

0m 10m 20m



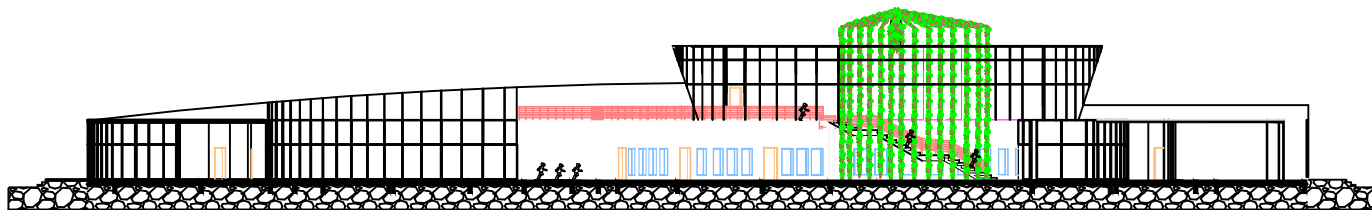
Logements de fonction





coupe BB

0m 5m 10m



coupe AA

0m 5m 10m