



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 :

MAHAMMEDI Meriem

**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 ENVIRONNMENTAL A LA VILLE DE LAGHOUE

(ZONE CHAUDE ET ARIDE)

L'effet des systèmes de modélisation de la lumière naturelle sur le
confort visuel 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 : MAHAMMEDI Meriem

Encadré par: MrBEN CHEIKHAbderrezzak

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: MAHAMMEDI Meriem

Supervised by: M.r.BENCHEIKHAbderrezzak

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 visuelconfort ; greenhouse.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة عمار ثليجي - الأغواط

كلية الهندسة المدنية و الهندسة 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: محمدي مريم

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، إتباع 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 parait 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 « BENCHHEIKH Abderrezzaq » 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 « BENCHHEIKH 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

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que

Je dédie le fruit de ce modeste travail

*À mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui
s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, cher papa.*

*À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et
mon bonheur ; maman que j'adore.*

À mes grandes mères; Que Dieu vous préserve santé et longue vie

*À la mémoire de mon grand-père paternel HADJ SADIK; que dieu te garde dans son
vaste paradis*

*À ma chère sœur : Khadîdja; Ton encouragement et ton soutien étaient la bouffée
d'oxygène qui me ressourçait dans les moments pénibles*

À mes chers frères : Houssam Edin ; Mohammed Sedik ; Ayoub

À ma petite cousine Nourhane

À toutes la famille: MAHAMMEDI et KHADROUN.

À ma chère binôme : Wafa

À qui je souhaite beaucoup de bonheur et de réussite dans sa vie

Mes enseignants et mes amies de l'étude

*Et à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail tout au long de mes
études.*

Et tous les étudiants de master 2 architecture et environnement

MEHAMMEDI MERJEM

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
II.	Introduction :	35
	Etude contextuelle :	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 :		57
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 :		88
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 visuel.....	102
VI. Introduction :	103
VI.1. Recherche thématique :	105
VI.1.1. Définition d'éclairage naturelle :	105
VI.1.2. Type d'éclairage naturel :	105
VI.1.3. Confort visuel dans les salles de classe :	107
VI.2. Évaluation numérique de simulation :	113
VI.2.1. Présentation Sur Les Logiciels :	113
VI.2.2. Présentation de cas d'étude :	113
VI.2.3. Fiche technique de l'espace :	113
VI.2.4. Les paramètres de simulation :	115
VI.2.5. Les périodes de simulation :	116
VI.2.6. Amélioration :	124
VI.3. Synthèse :	132
VII. Conclusion :	134
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 Grézieu.....	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

Chapitre VI : Evaluation de confort visuel.

Figure VI-1: éclairage multi latéral.	105
Figure VI-2: Les types d'éclairage naturel.	105
Figure VI-3: Performances lumineuses d'un dispositif éclairage unilatéral. .	106
Figure VI-4: pénétration approximative d'éclairage naturelle.....	106
Figure VI-5: Performances lumineuses dispositif d'éclairage bilatéral.	106
Figure VI-6: Les paramètres de confort visuel.	107

Figure VI-7: Usage un éclairage mixte pour réduire l'ombre.	108
Figure VI-8: Allège.	109
Figure VI-9: Linteau et son rôle sur l'éclairage.	109
Figure VI-10: Disposition des ouvertures.	109
Figure VI-11: Forme des ouvertures.	109
Figure VI-12 : Les stores réfléchissants.	110
Figure VI-13: Exemple de scénario d'automatisation pour une orientation Sud.	111
Figure VI-14: Le système light shelf.	111
Figure VI-15: Les hauteurs des lights shelf.	111
Figure VI-16: les types des lights shelves.	112
Figure VI-17: Lights shelves combinés.	112
Figure VI-18 : Cas d'étude salle de classe.	113
Figure VI-19: Positionnement de cas d'étude.	113
Figure VI-20 : salle de classe.	114
Figure VI-21 : Coupe transversale.	114
Figure VI-22 Des coupes longitudinales.	114
Figure VI-23: Des vues intérieurs sur la salle de classe.	114
Figure VI-24: cas été.	115
Figure VI-25: cas hiver.	115
Figure VI-26: Vue intérieur à 9:00h.	116
Figure VI-27: Niveau d'éclairage en contour rouge.	116
Figure VI-28: Niveau d'éclairage en false couleur.	116
Figure VI-29: Vue intérieur à 14:00h.	117
Figure VI-30: Niveau d'éclairage en contour ligne.	117
Figure VI-31: Niveau d'éclairage en false couleur.	117
Figure VI-32: Vue intérieur à 9:00h.	118
Figure VI-33: Niveau d'éclairage en contour ligne.	118
Figure VI-34: Niveau d'éclairage en false couleur.	118
Figure VI-36: Vue intérieur à 14:00h.	119
Figure VI-37: Niveau d'éclairage en contour ligne.	119
Figure VI-38: Niveau d'éclairage en false couleur.	119
Figure VI-39: Vue intérieur à 16:00h.	120
Figure VI-40: Niveau d'éclairage en contour ligne.	120
Figure VI-41: Niveau d'éclairage en false couleur.	120
Figure VI-42 : vue intérieur à 9 :00h.	121
Figure VI-43 : Niveau d'éclairage en contour ligne.	121
Figure VI-44 : Niveau d'éclairage en false couleur.	121
Figure VI-45 : Vue intérieur à 14 :00h.	122
Figure VI-46 : Niveau d'éclairage en contour ligne.	122

Figure VI-47 : Niveau d'éclairage en false couleur.....	122
Figure VI-48 : Utilisation des lights shelves	124
Figure VI-49 : Système de modélisation d'éclairage naturel.....	124
Figure VI-50 : Vue 3D sur la classe amélioré.....	124
Figure VI-51 : Fonction de lights shelves.....	124
Figure VI-52 : Vue d'intérieur à 9 :00h.....	125
Figure VI-53 : Niveau d'éclairage en contour ligne.....	125
Figure VI-54 : Niveau d'éclairage en false couleur.....	125
FigureVI-55 : Vue d'intérieur à 14 :00h.....	126
Figure VI-56 :Niveau d'éclairage en contour ligne.....	126
Figure VI-57 : Niveau d'éclairage en false couleur	126
Figure VI-60 : Vue intérieur avec tache solaire.....	127
Figure VI-62 : Vue intérieur à 9 :00h	128
Figure VI-63 : Niveau d'éclairage en contour ligne.....	128
Figure VI-64 : Niveau d'éclairage en false couleur.....	128
Figure VI-68 : Vue d'intérieur à 9 :00h	130
Figure VI-69 : Niveau d'éclairage en contour ligne.....	130
Figure VI-70 : Niveau d'éclairage en false couleur.....	130
Figure VI-71 : Vue d'intérieur à 14 :00h	131
Figure VI-72 : Niveau d'éclairage en contour ligne.....	131
Figure VI-73 : Niveau d'éclairage en false couleur.....	131

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

Chapitre VI: Evaluation de confort visuel.

Tableau VI-1: Les normes recommandées d'éclairage dans les salles de classe.	115
Tableau VI-2: les paramètres de simulation.....	115
Tableau VI-3: Les résultats de cas initial (21 septembre à 9:00h).....	116
Tableau VI-4: Les résultats de cas initial (21 septembre à 14:00h).....	117
Tableau VI-5: Les résultats cas initial (21 décembre à 9:00h).....	118
Tableau VI-6: Les résultats cas initial (21 décembre à 14:00h).....	119
Tableau VI-7: Les résultats cas initial (21 décembre à 16:00h).....	120
Tableau VI-8: Les résultats cas initial (31 Mai à 14:00h).....	122
Tableau VI-9 : Les résultats cas améliorer (21 septembre à 9:00h).	125
Tableau VI-10: Les résultats cas améliorer (21 septembre à 14:00h).	126
Tableau VI-11: Les résultats cas améliorer (21 décembre à 9:00h).	127
Tableau VI-12 Les résultats cas améliorer (21 décembre à 14:00h).	128
Tableau VI-13 : Les résultats cas améliorer (21 décembre à 16:00h).	129
Tableau VI-14: Les résultats cas améliorer (31 Mai à 9:00h).	130
Tableau VI-15: Les résultats cas améliorer (31 Mai à 14:00h).	131

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 :

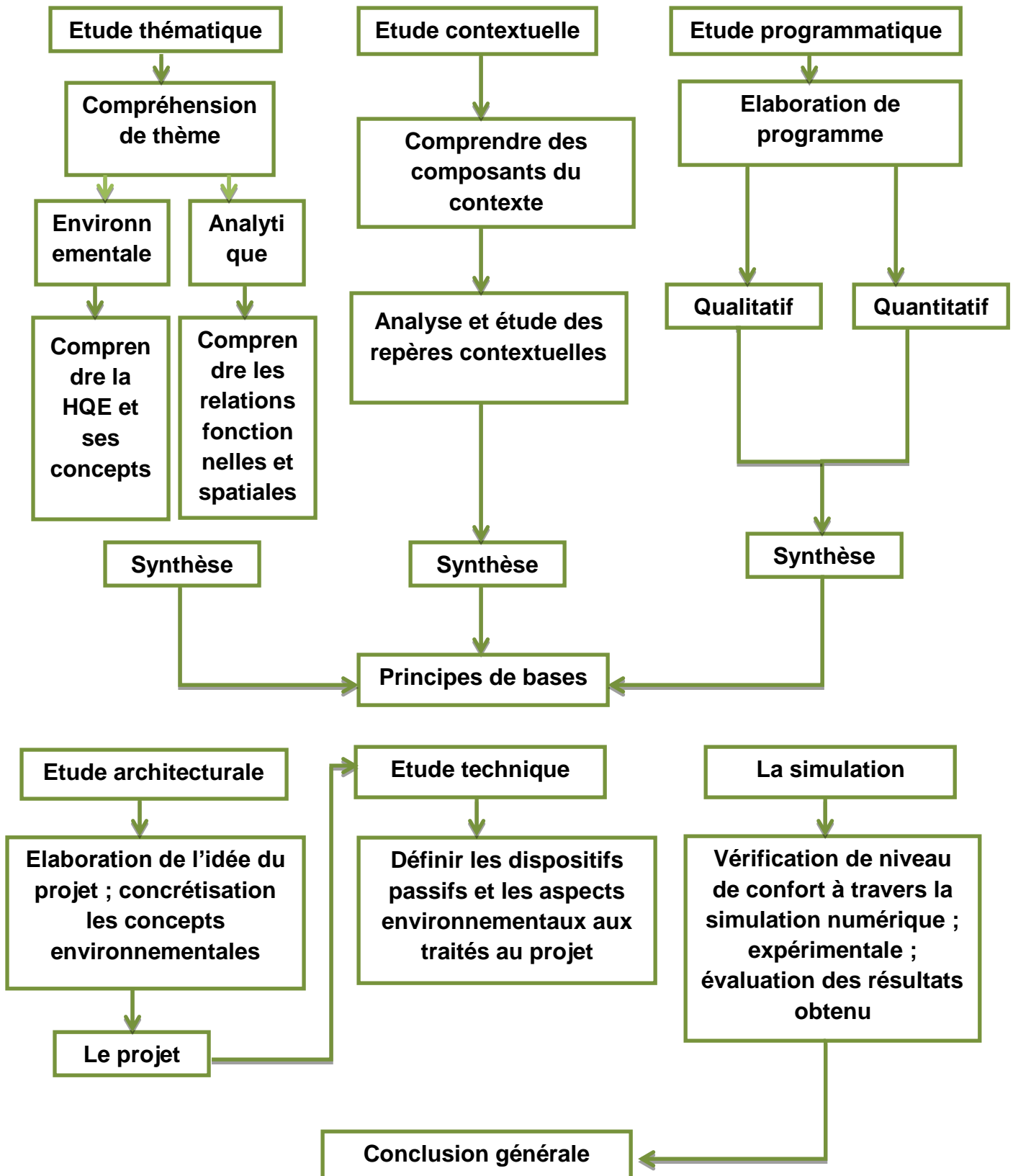
A travers ce travail on souhaite arriver aux objectifs suivants :

- 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.

Introduction générale

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

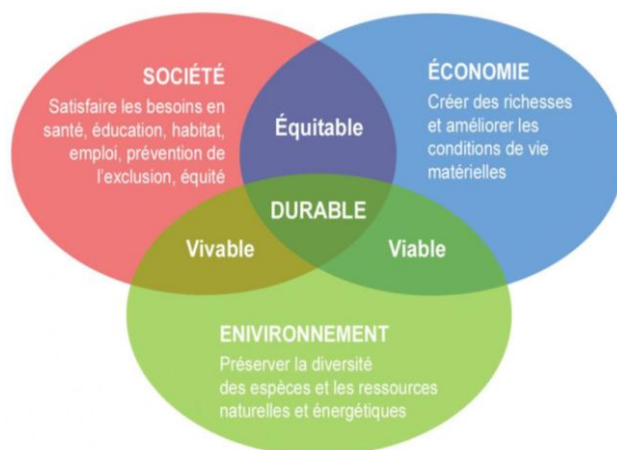


Figure I-1: les piliers de développement durable

(Source : <http://www.moissonsouvelles.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.

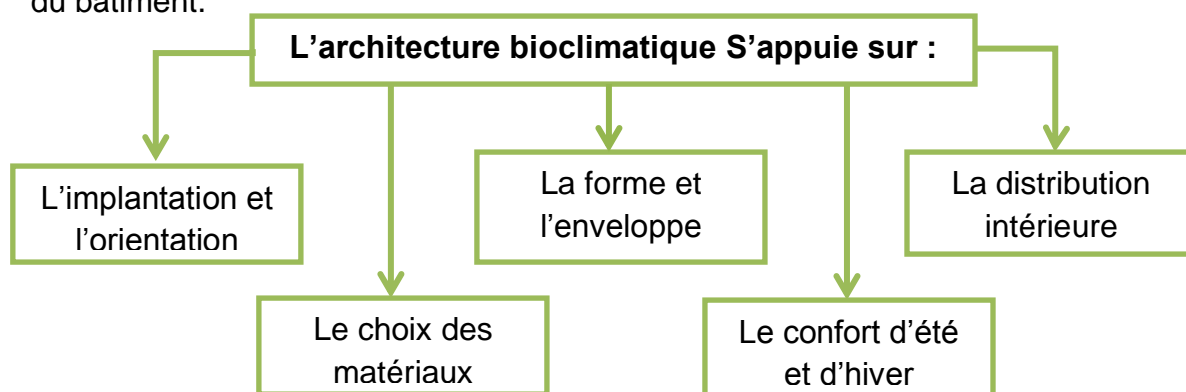
⁵ Source : <https://www.architecte-batiments.fr>

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.

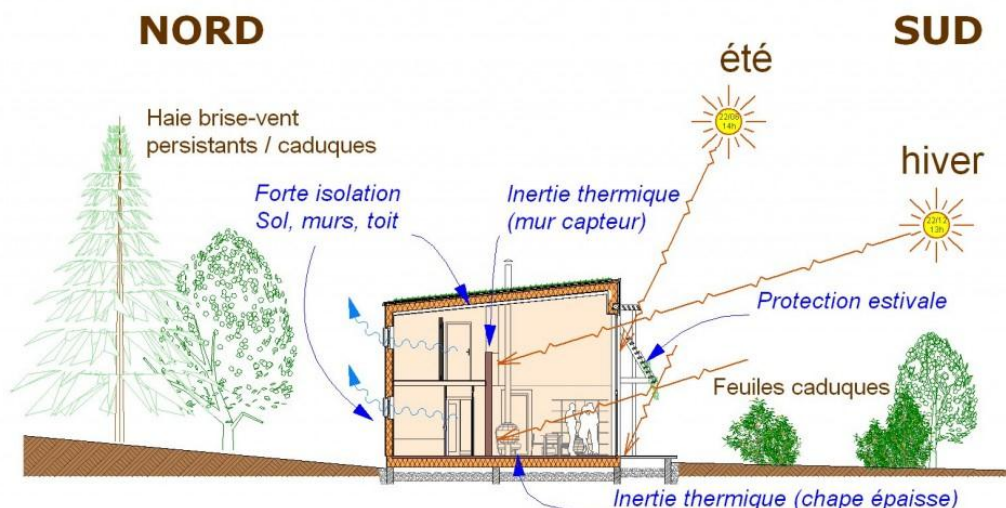


Figure I-2: Les principes de base

(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) :

- ❖ Occluter : 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.

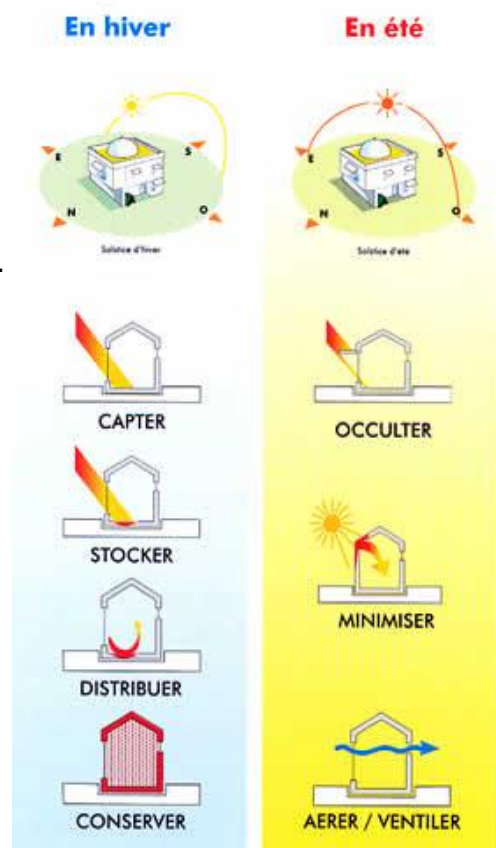


Figure I-3: les stratégies bioclimatiques

(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

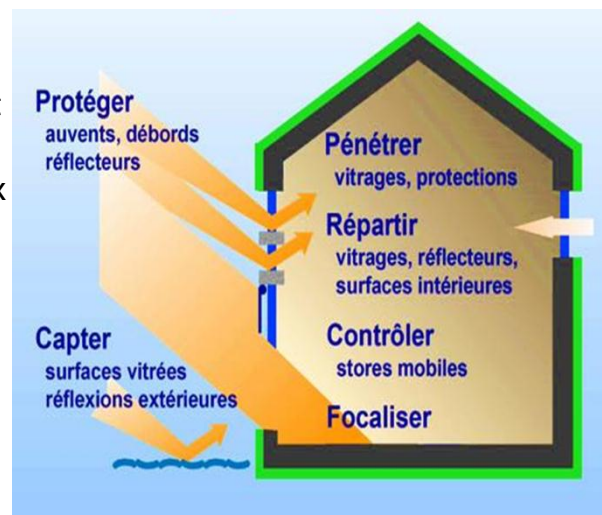


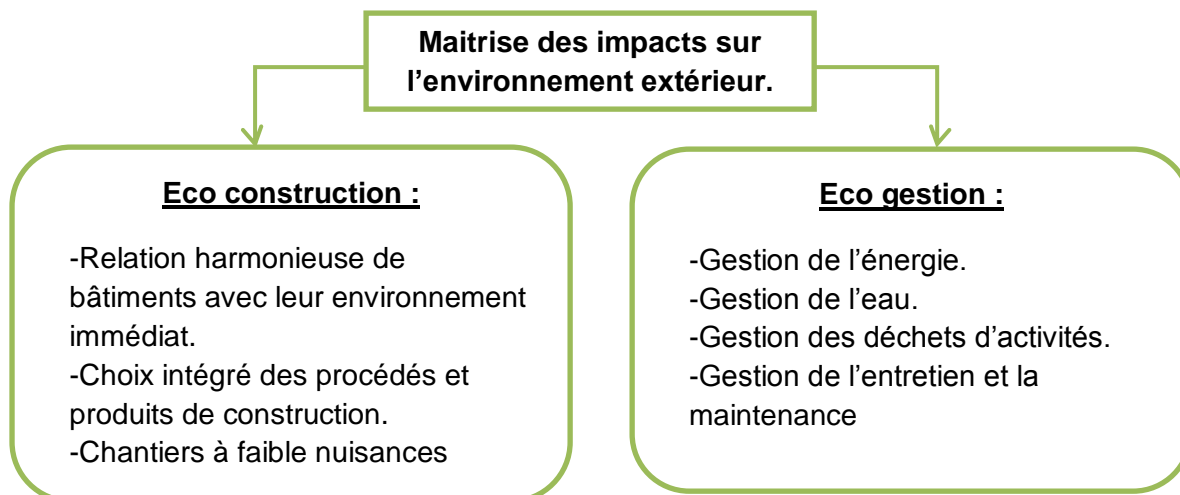
Figure I-4: Stratégie de l'éclairage naturel

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

I.1.6. La haute qualité environnementale :

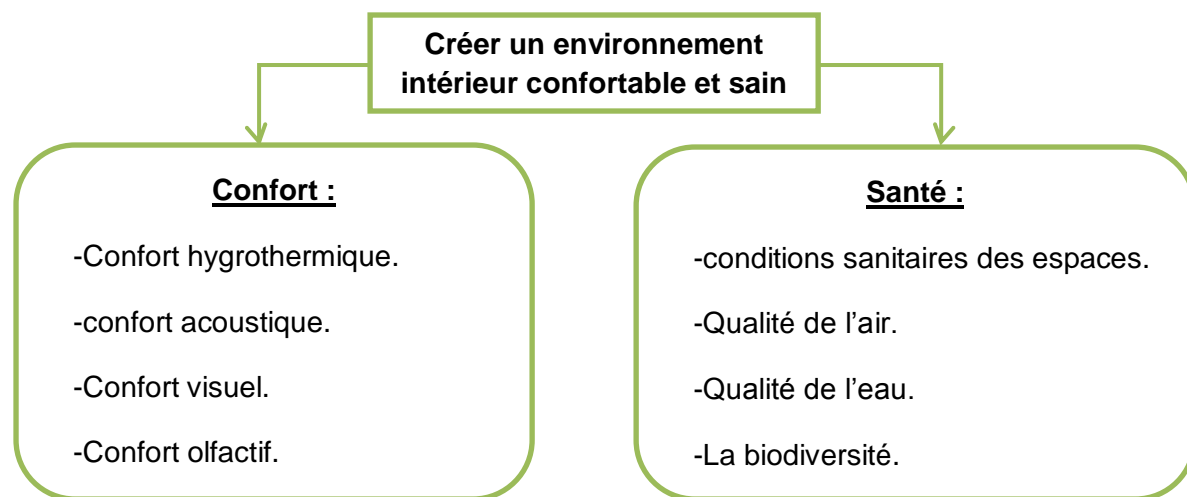
Une démarche volontaire qui a pour objectifs de maîtriser les impacts du bâtiment sur l'environnement extérieur et de créer un environnement intérieur sain et confortable. Elle s'agit d'une réponse opérationnelle à la nécessité d'intégrer les critères du développement durable dans l'activité du bâtiment.⁹

I.1.6.1 Les cibles de HQE :



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

⁹Source : <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

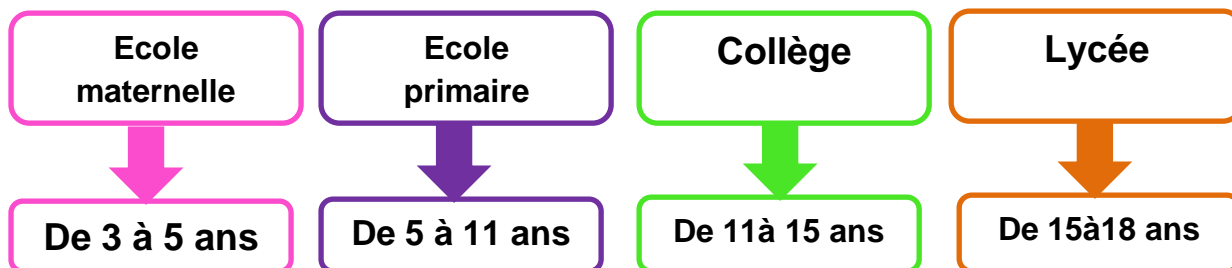
I.2.1. Education :

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.

¹⁰Source : 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>

¹²Source : <http://www.hygiene-publique.gov.pl/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.

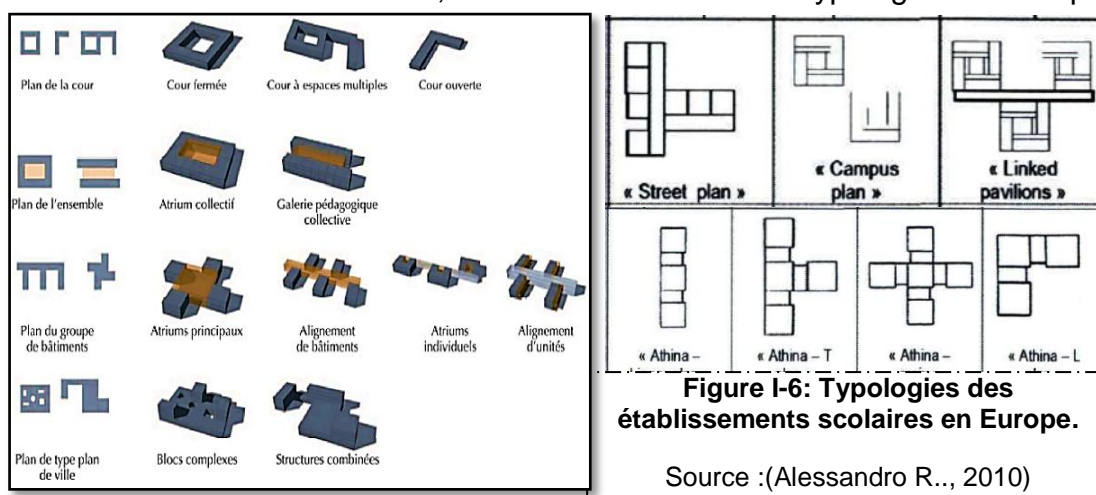


Figure I-6: Typologies des établissements scolaires en Europe.

Source : (Alessandro R., 2010)

¹³ Source : Mémoire de Magistère ; Etude du confort thermique des salles de cours à différentes typologies ; Saddok Amel ; université de Tiziouzou 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.

¹⁵ Source : L'encyclopédie libre Wikipédia.

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

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.podcastfrancaisfacile.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

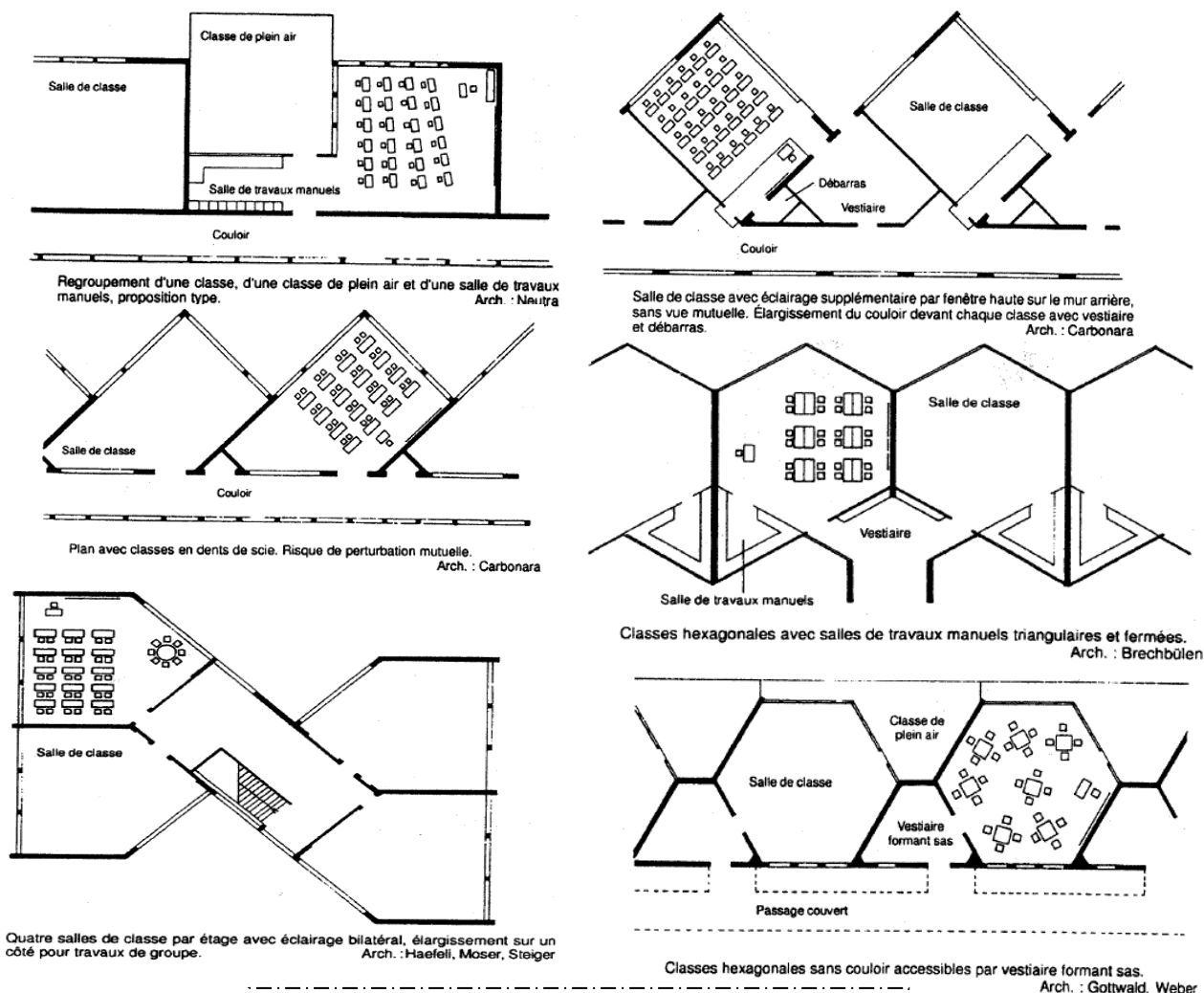


Figure I-9: Les formes des salles de classe

(Source : les éléments des projets de constructions)

¹⁹ Source : Dictionnaire libre Wiktionnaire

²⁰ Source : Les éléments des projets de constructions ; Neufert ; 8^{ème} 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.

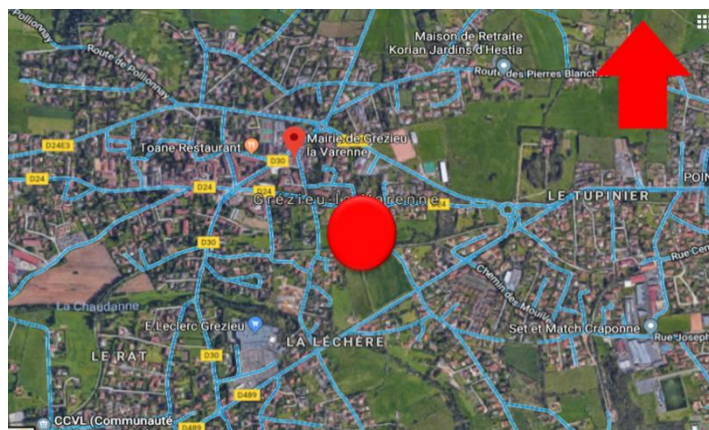


Figure I-11: situation de l'école maternelle.

(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.)

I.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

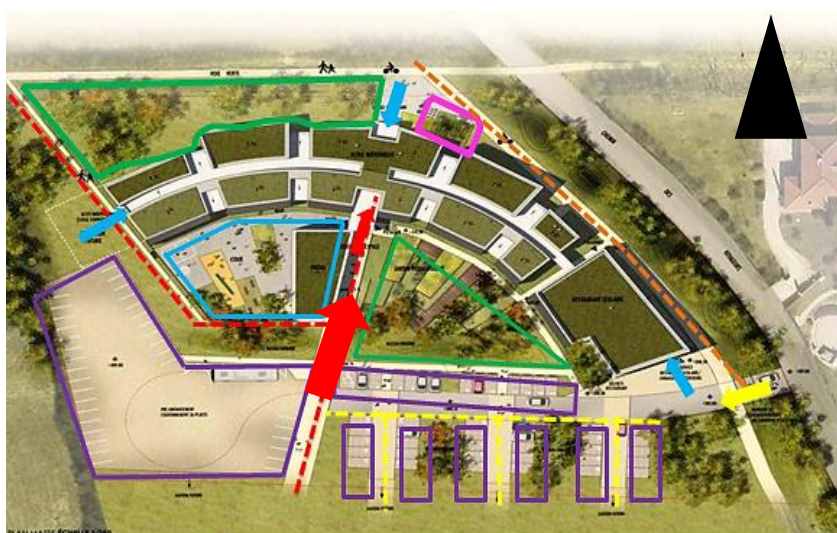


Figure I-13: Plan de masse du projet.

(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.

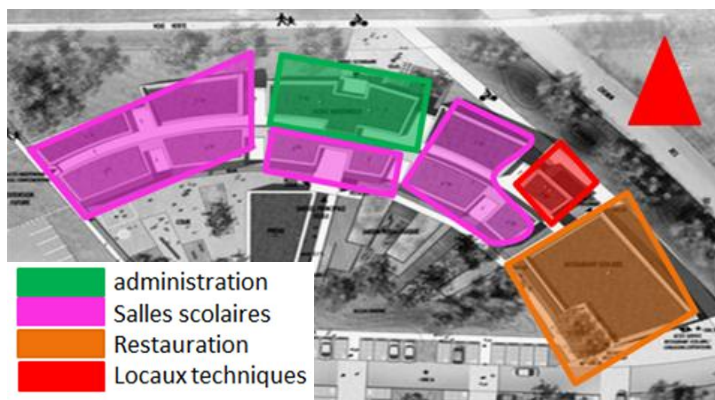


Figure I-14: Répartition des blocs.

(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.

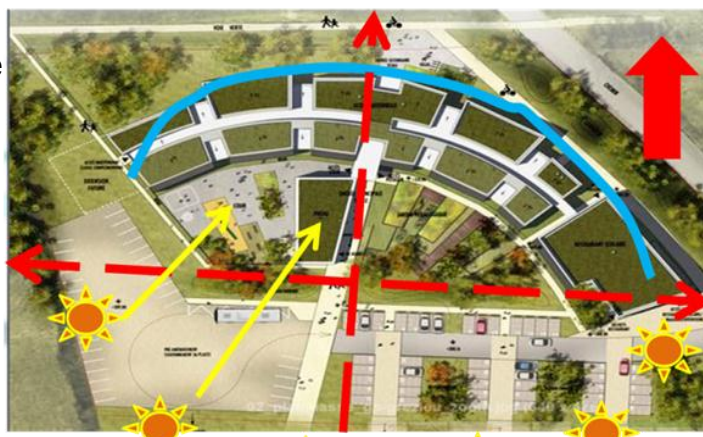


Figure I-15: Schéma explicatif d'implantation.

(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.

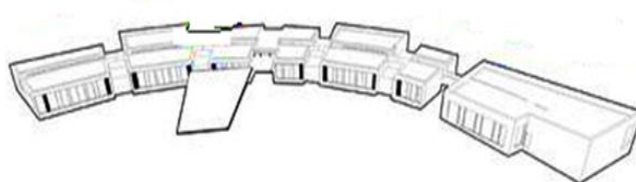


Figure I-16: La volumétrie de projet.

(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).

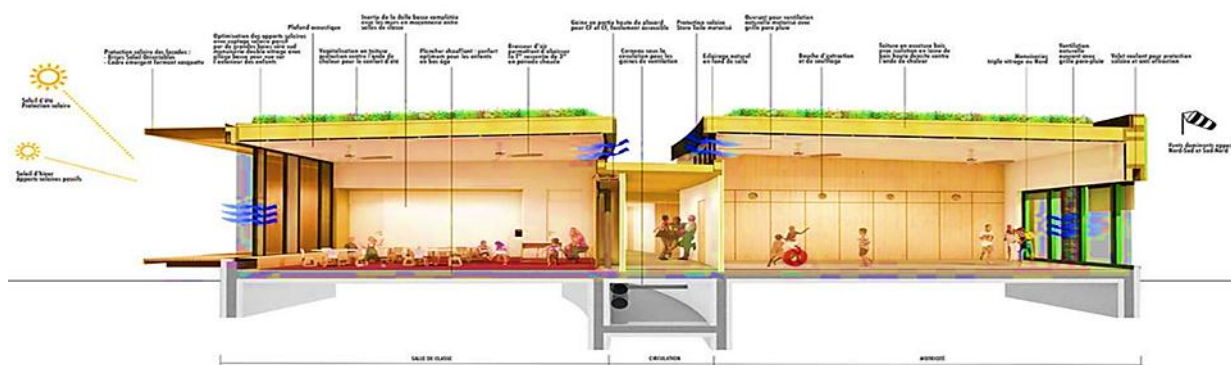


Figure I-21: Coupe explicative des techniques.

(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.

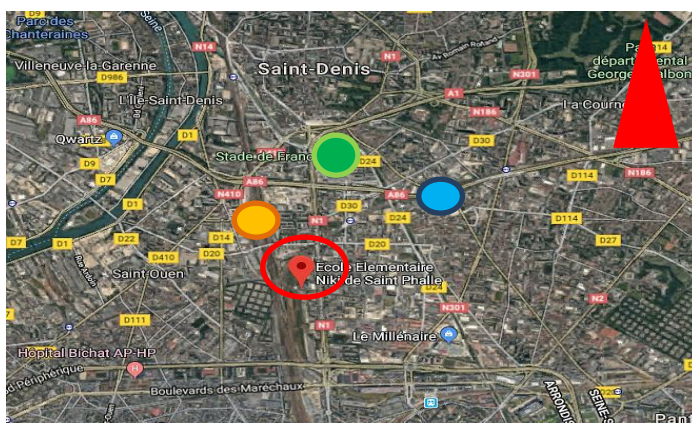


Figure I-23:Situation de l'école Niki.

Source :GoogleEarth

I.3.2.3 Accessibilité et axes mécanique :

Le projet est accessible à travers un avenue du président Wilson et par lechemin 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.

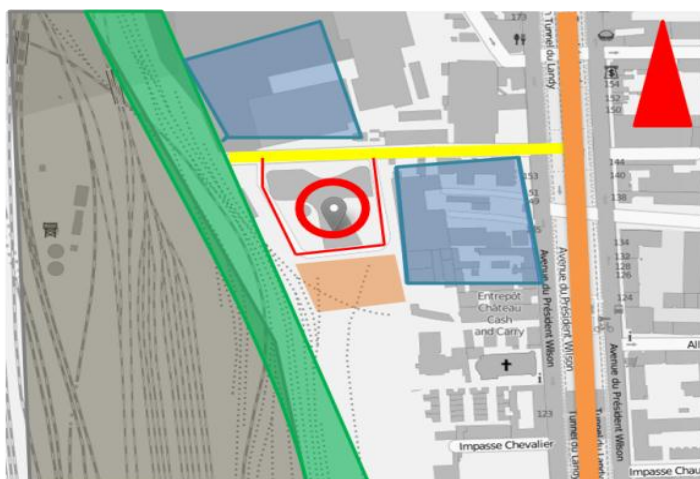


Figure I-24 : Accessibilité et axes au projet.

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

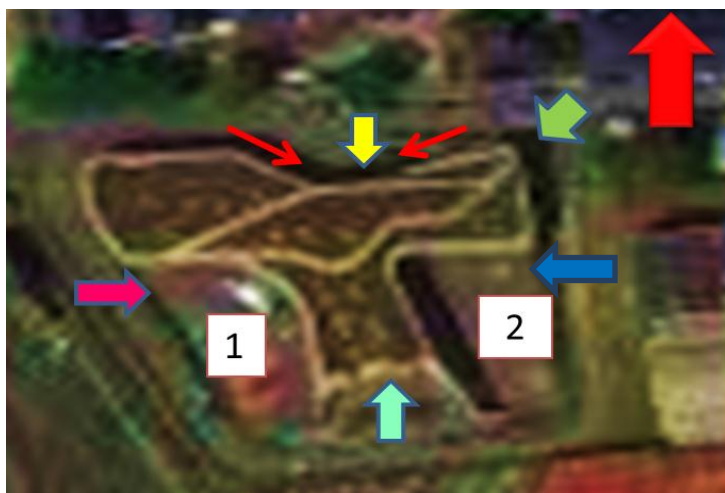


Figure I-25: Plan de masse de l'école Niki.

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.

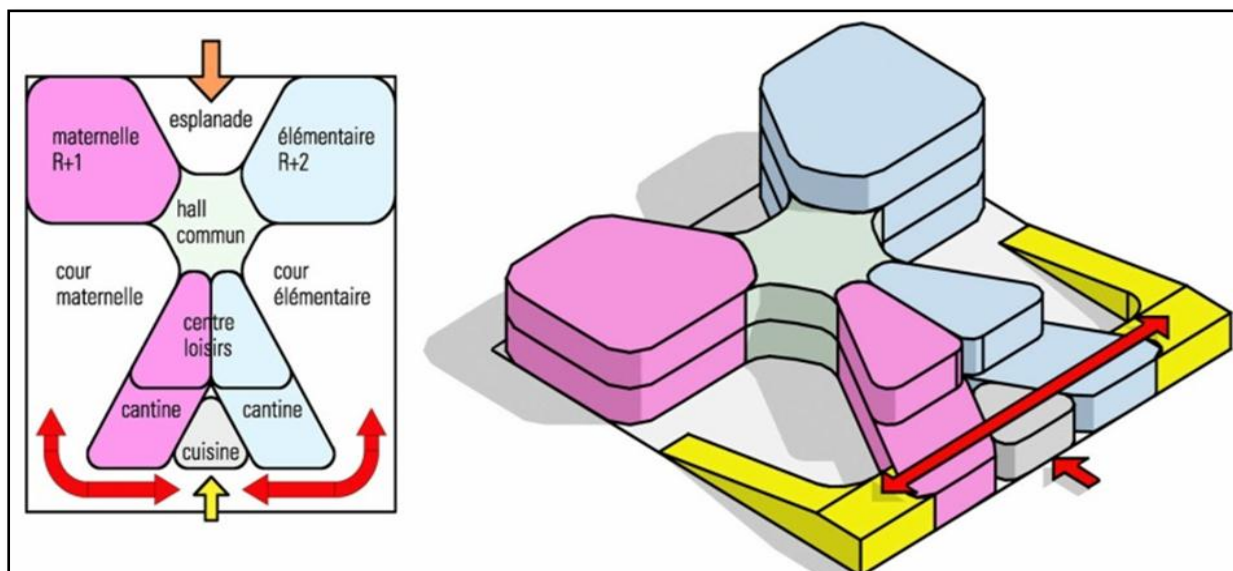


Figure I-26: Répartition des blocs.

(Source : www.archdaily.com)

3. L'implantation et volumétrie :

Le projet implante 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.

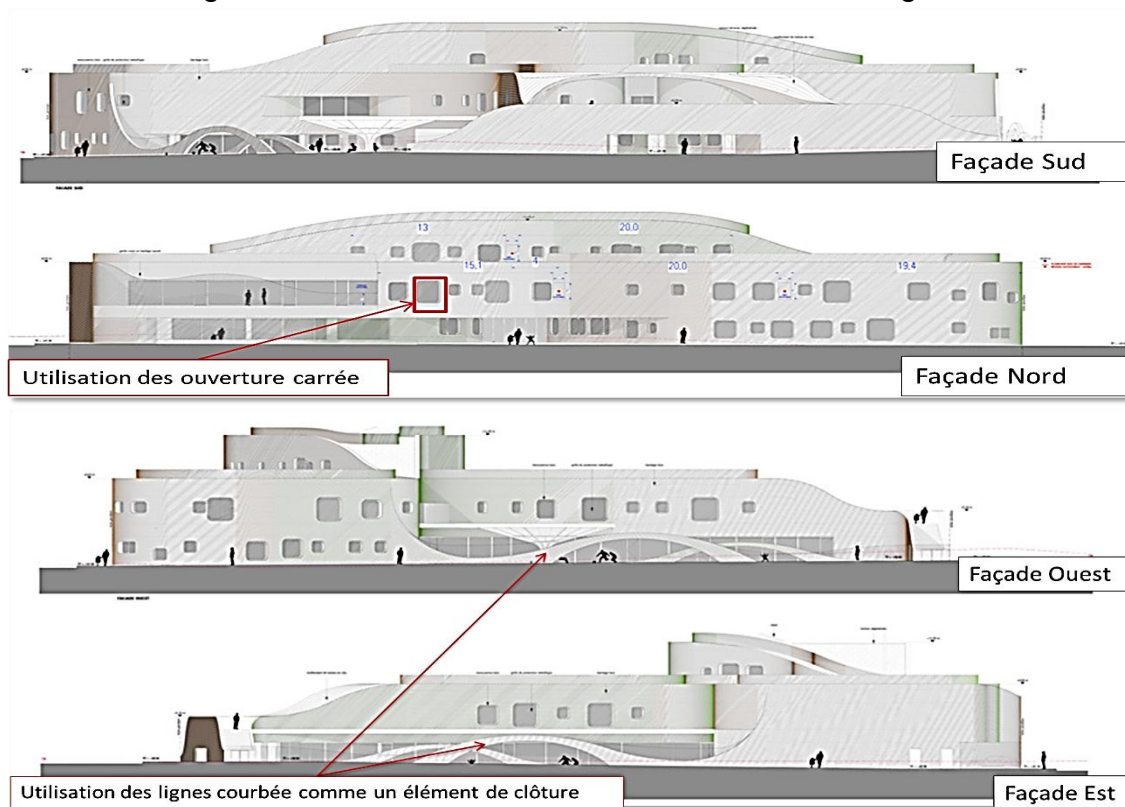


Figure I-29: Les façades de groupe scolaire Niki.

Source : Archdaily.net

I.3.2.6 Organisation intérieure spatiale :

1. Analyse des plans :

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

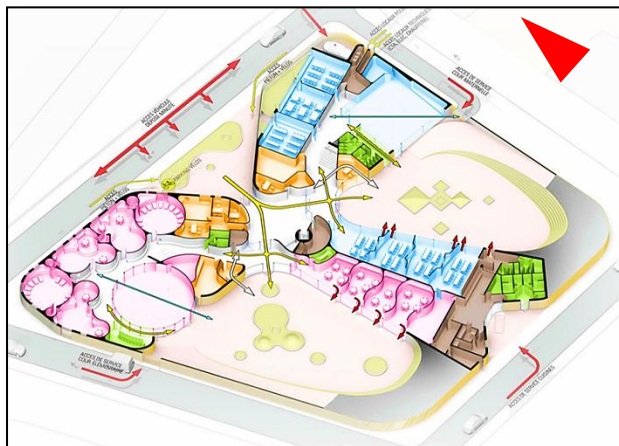


Figure I-31: Plan de RDC

Source : Archdaily.net

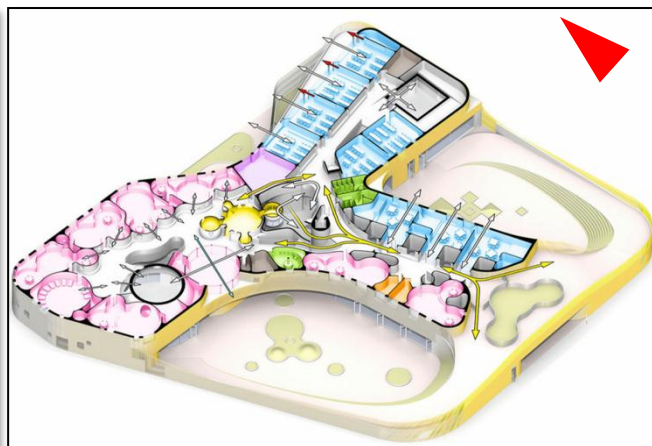
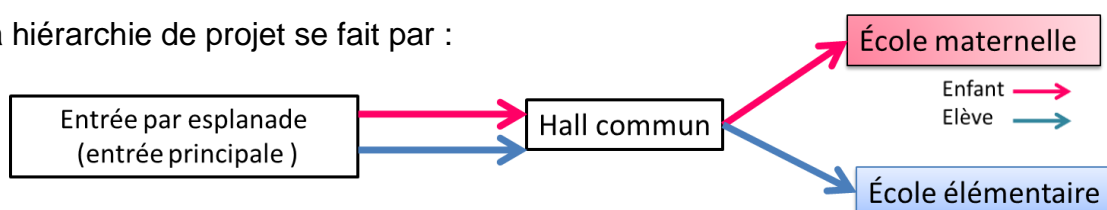


Figure I-30: Plan de 1er étage.

Source : Archdaily.net

La hiérarchie de projet se fait par :



Comprend maternelle de huit classes circulaires, élémentaire de onze classes carrés (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.

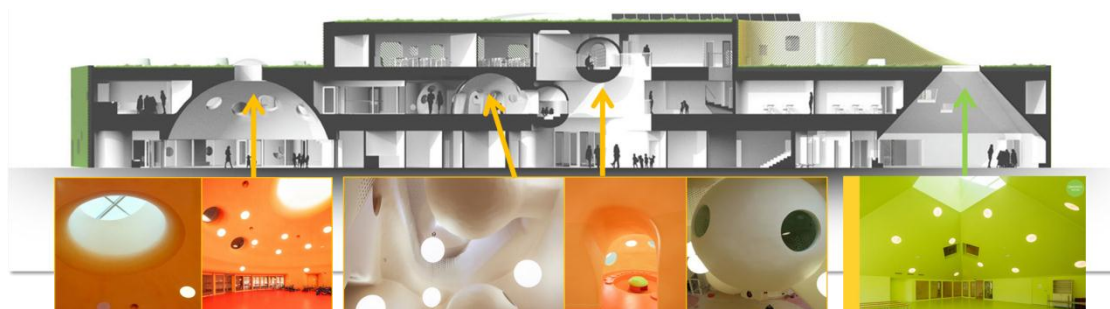
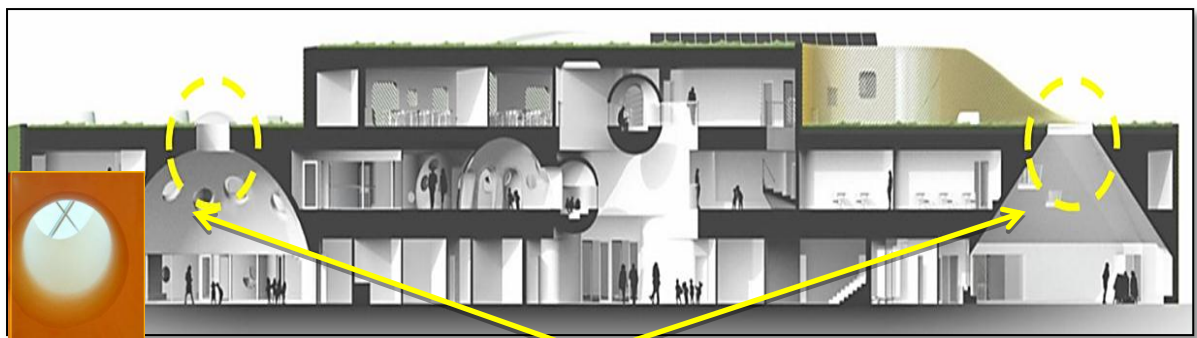


Figure I-32: Coupe sur les espaces intérieurs.

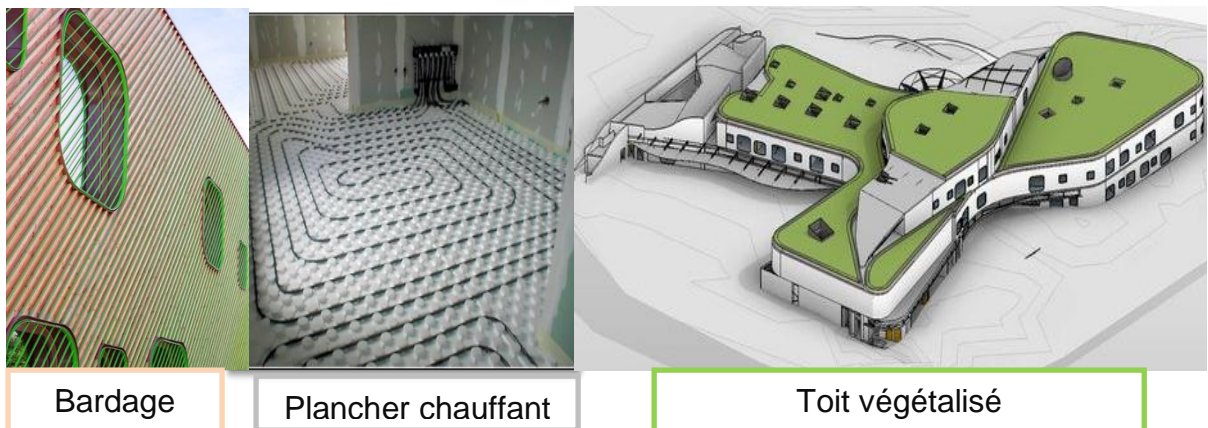
Source : lemoniteur.fr

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 pertitions 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.

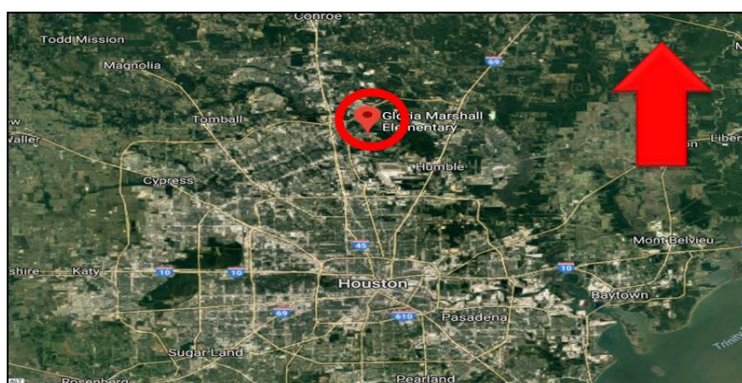


Figure I-35: Situation de l'école Gloria.

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.

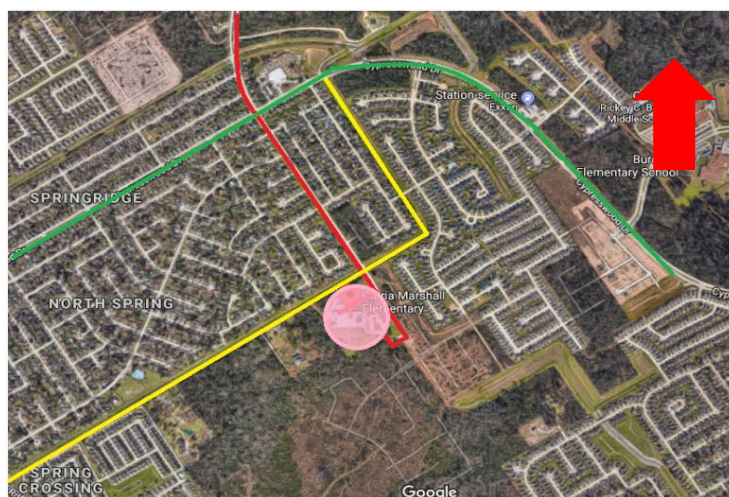


Figure I-36: accessibilité de projet.

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.

- Plan de masse :**
-  Entrée principal
 -  Entrée de l'administration
 -  Entrées secondaire
 -  Entrée service
 -  Bassin écologique
 -  Pistes cyclables
 -  Parking hybride
 -  Jardin
 -  Epreuve de jogging

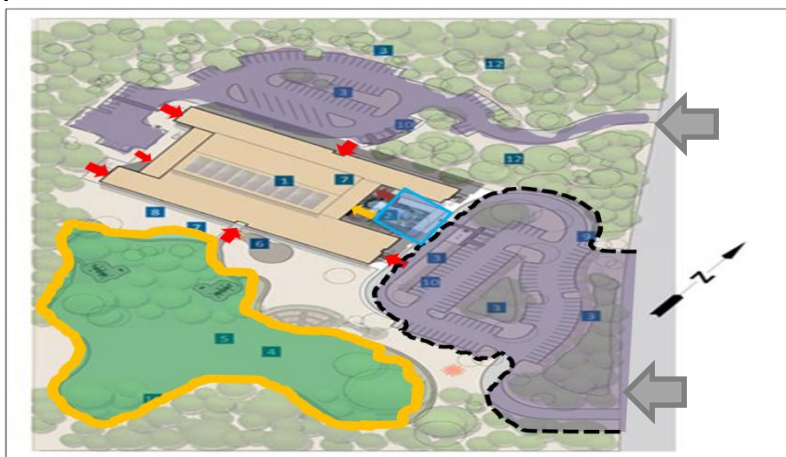


Figure I-37: Plan de masse de Gloria.

(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

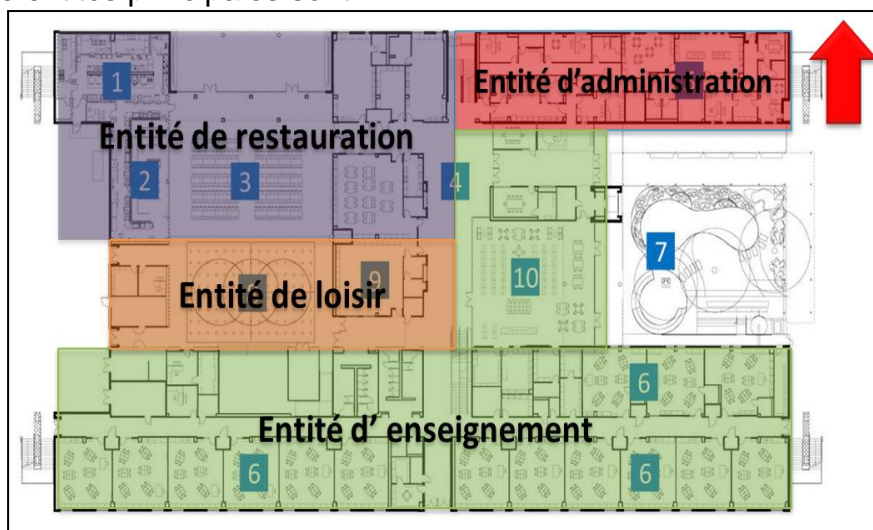


Figure I-38: Répartition des blocs.

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 rugueux au positionné les escaliers ; Au milieu : RDC est vitré, à l'étage une bandes 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).

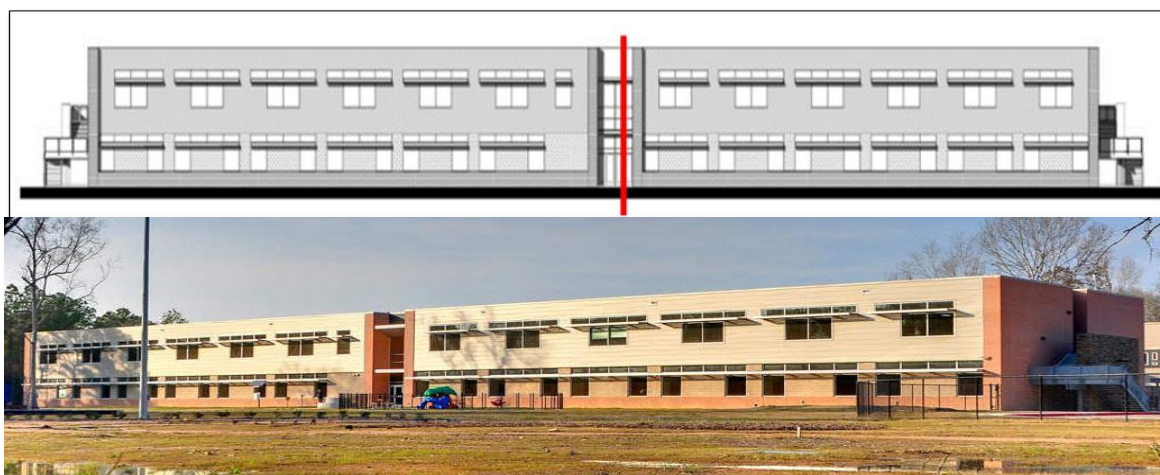


Figure I-41: Façade Sud.

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.

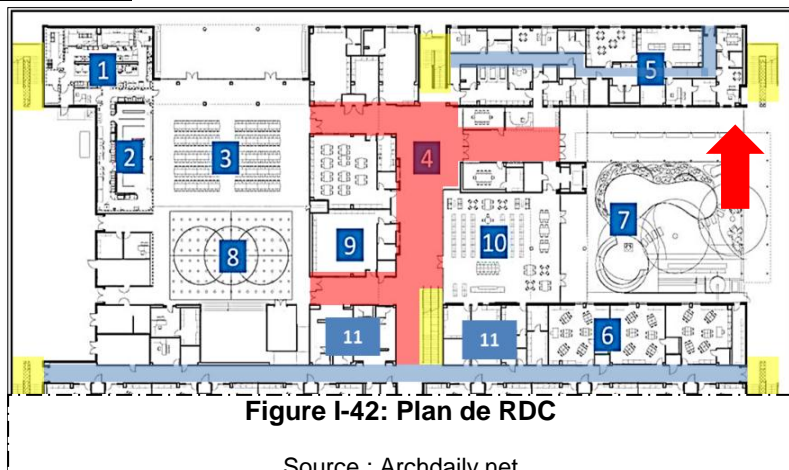


Figure I-42: Plan de RDC

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 : GoogleEarth.

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

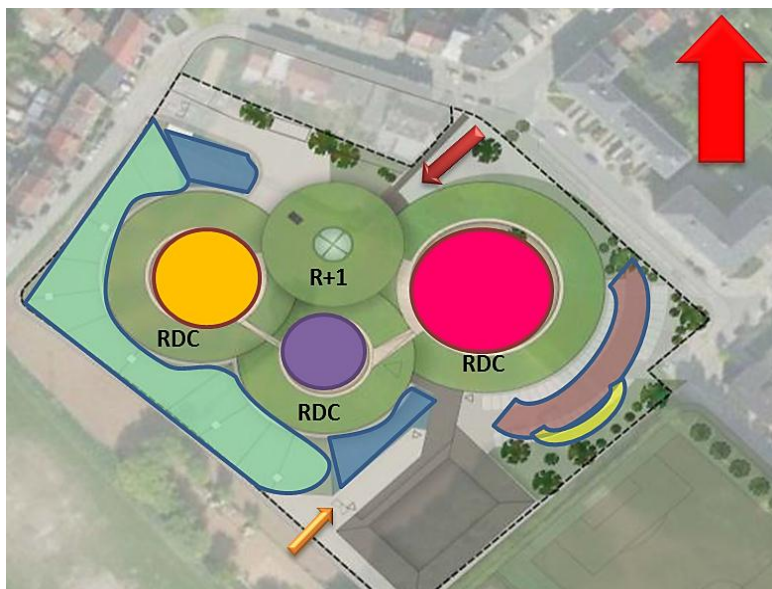


Figure I-51: Plan de masse des trèfles.

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.

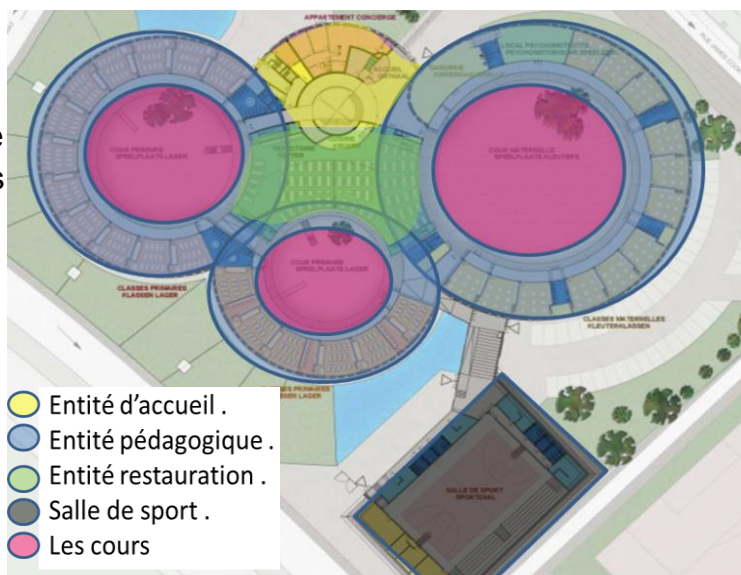


Figure I-52: Répartition des blocs.

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.

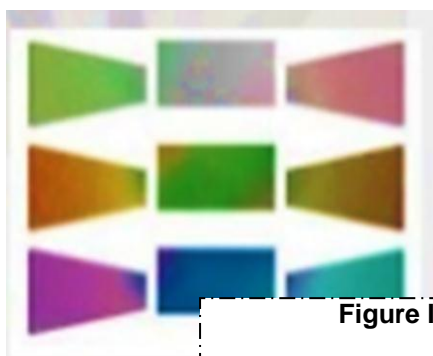


Figure I-54: Façade de l'école des trèfles.

(Source :fr.slideshare.net)

I.3.4.6 Organisation intérieure spatiale :

1. Les plans :

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



Figure I-56: Plan de RDC.

Source :fr.slideshare.net

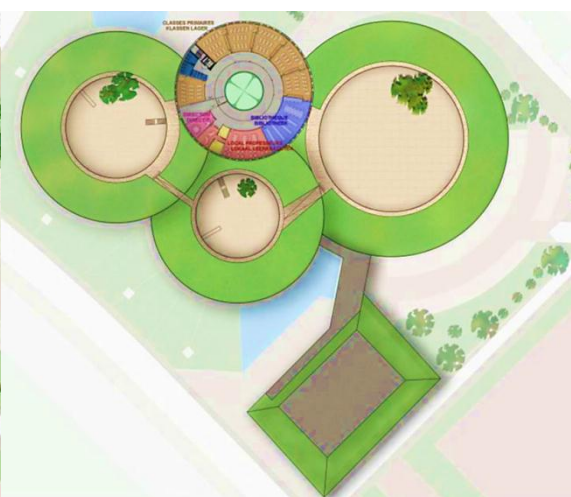


Figure I-55: Plan de 1er étage.

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 naturelle.

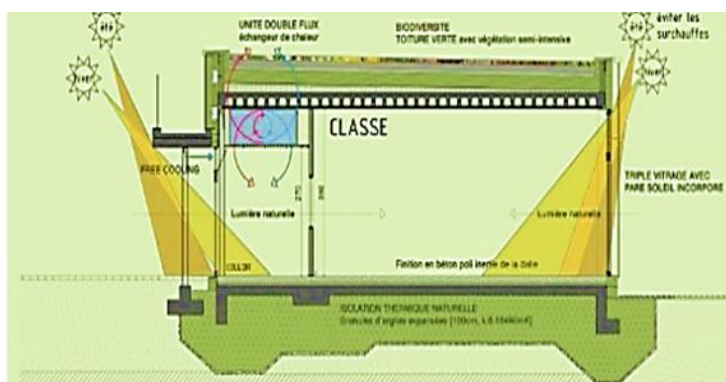


Figure I-58: ventilation naturelle.

- 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

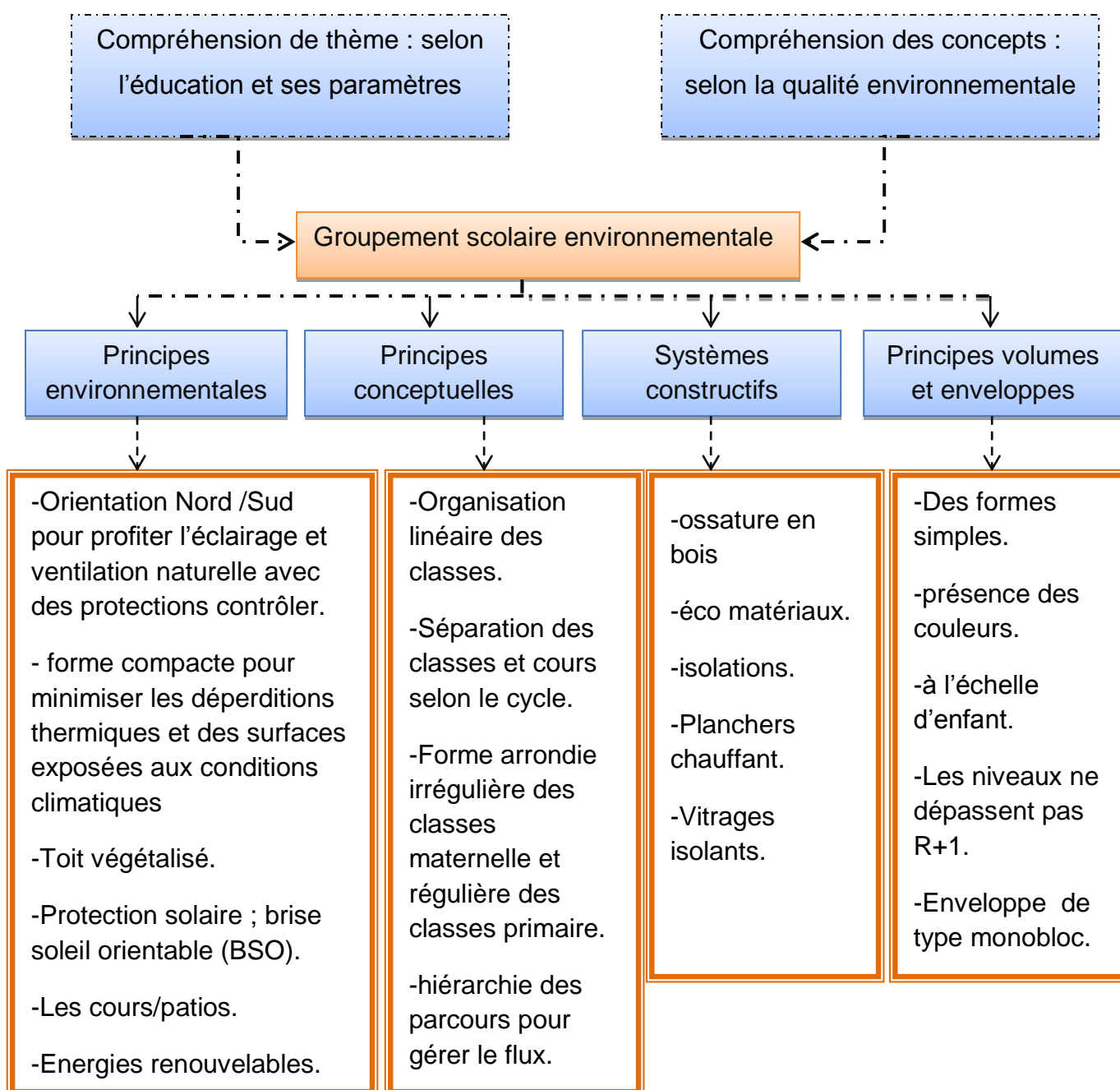
²¹ Source : fr.slideshare.net durable jusqu'à aux fondations.

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).

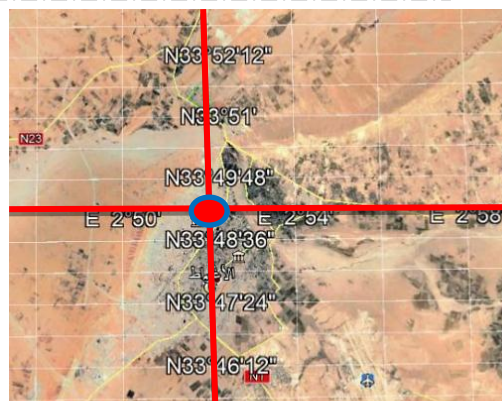


Figure II-2: Situation astronomique.

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

$$0.05 < IA < 0.20.$$

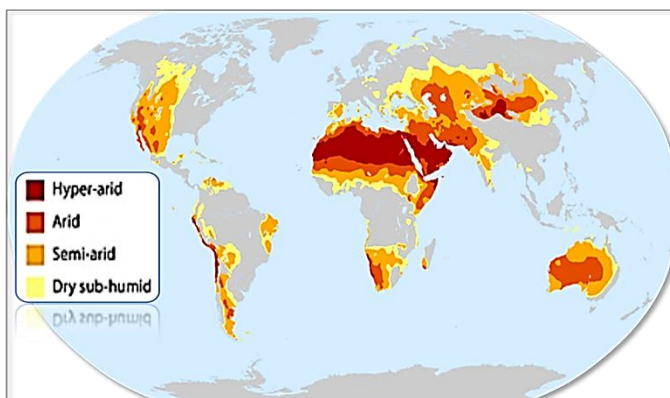
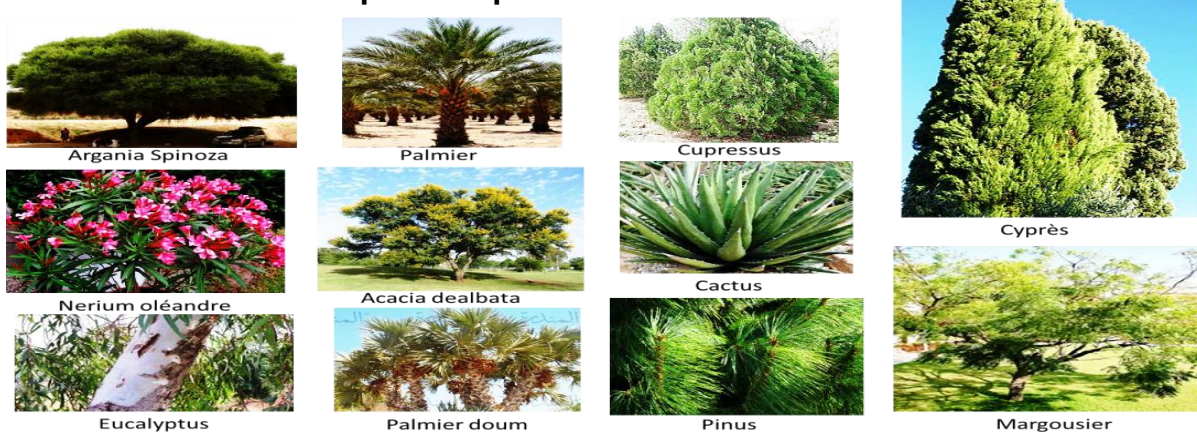


Figure II-4: Carte géographique d'aridité.

Source : Google image

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



²²Source : 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.

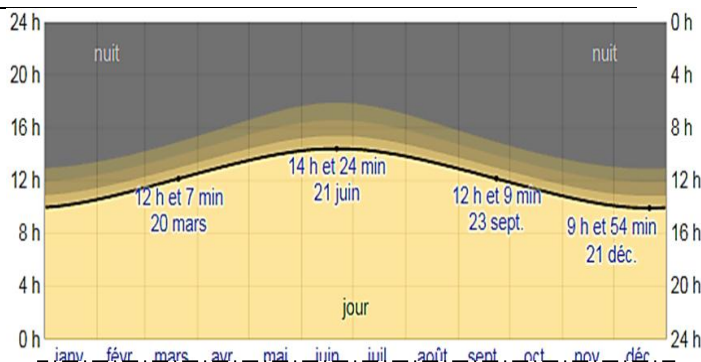


Figure II-5: Les heures d'ensoleillement.

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.

Rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen

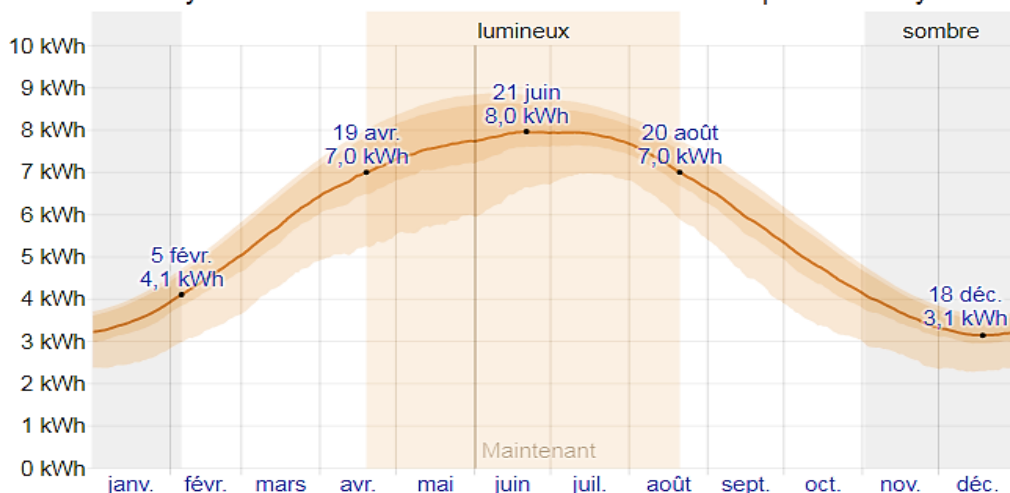


Figure II-6: le rayonnement solaire de Laghouat.

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%.

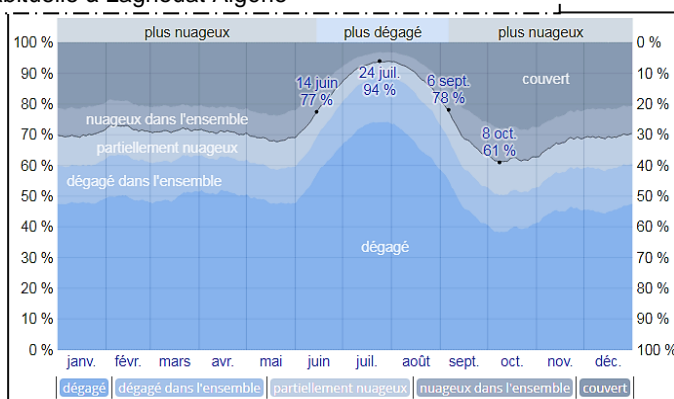


Figure II-7: Graphe de type de ciel de Laghouat.

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.

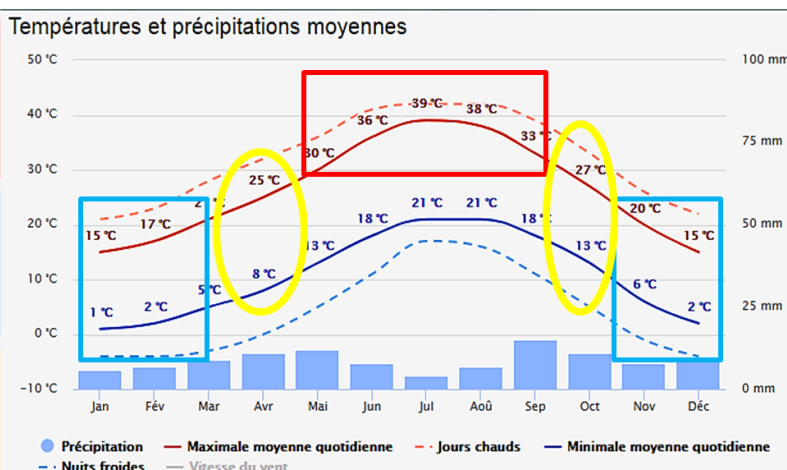


Figure II-8: Graphe de température moyenne.

Source : climat Laghouat/meteoblue.

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 (CHEHILI) avec direction sud-ouest.
- Les vents de sable et les tempêtes sont fréquents observé généralement pendant les après-midi.

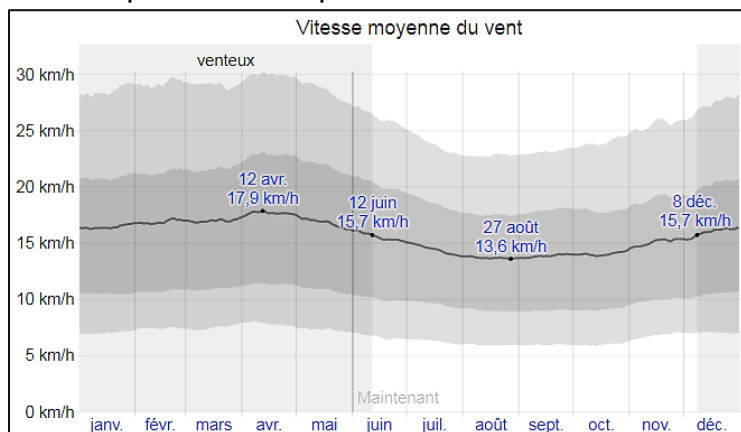


Figure II-9: Diagramme de vitesse du vent de Laghouat.

Source : climat Laghouat/meteoblue.

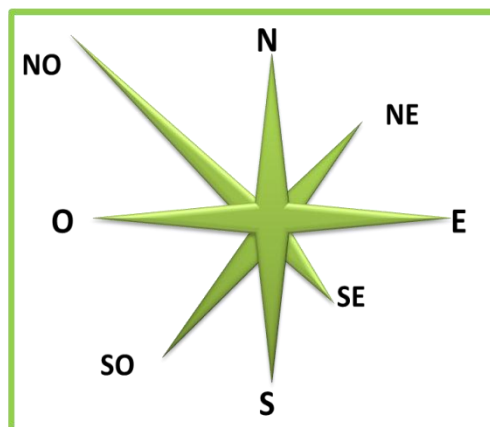


Figure II-10: la rosée de vent.

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%).

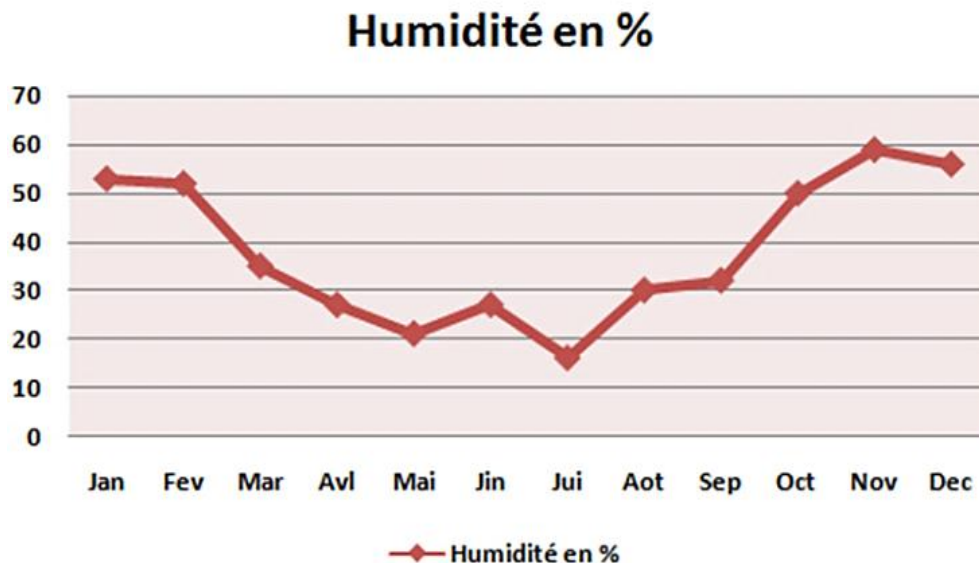


Figure II-11: Graphe d'humidité.

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.

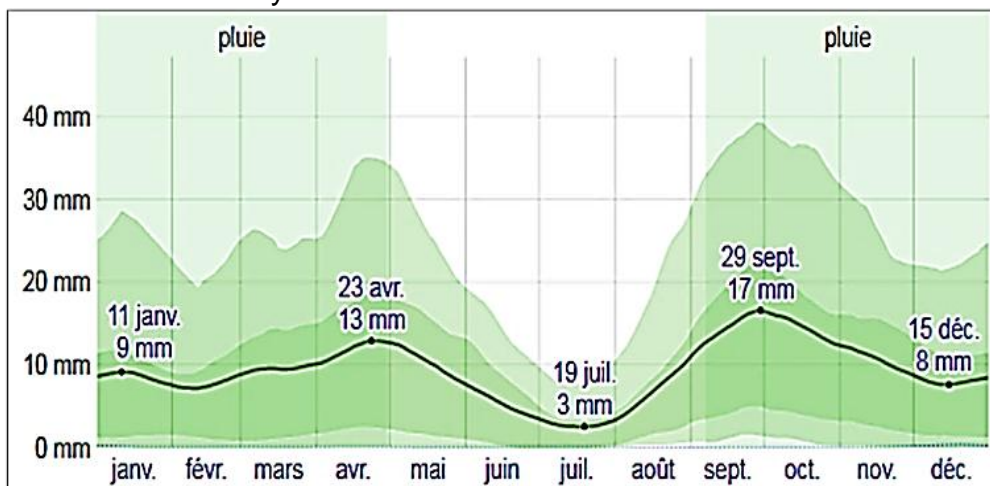


Figure II-12: Graphe de la pluviométrie.

Source : Météo habituelle à Laghouat Algérie

II.1.1.9 Diagramme de Givoni :

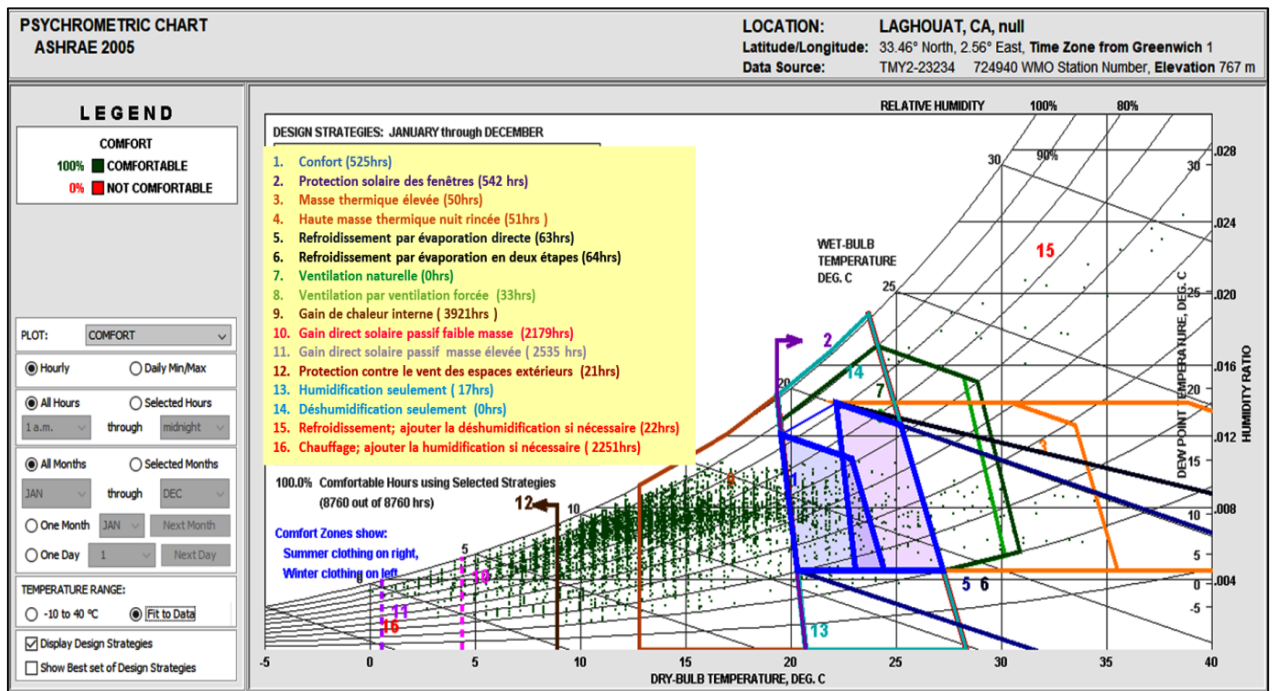


Figure II-13: Diagramme Givoni la ville de Laghouat.

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 :

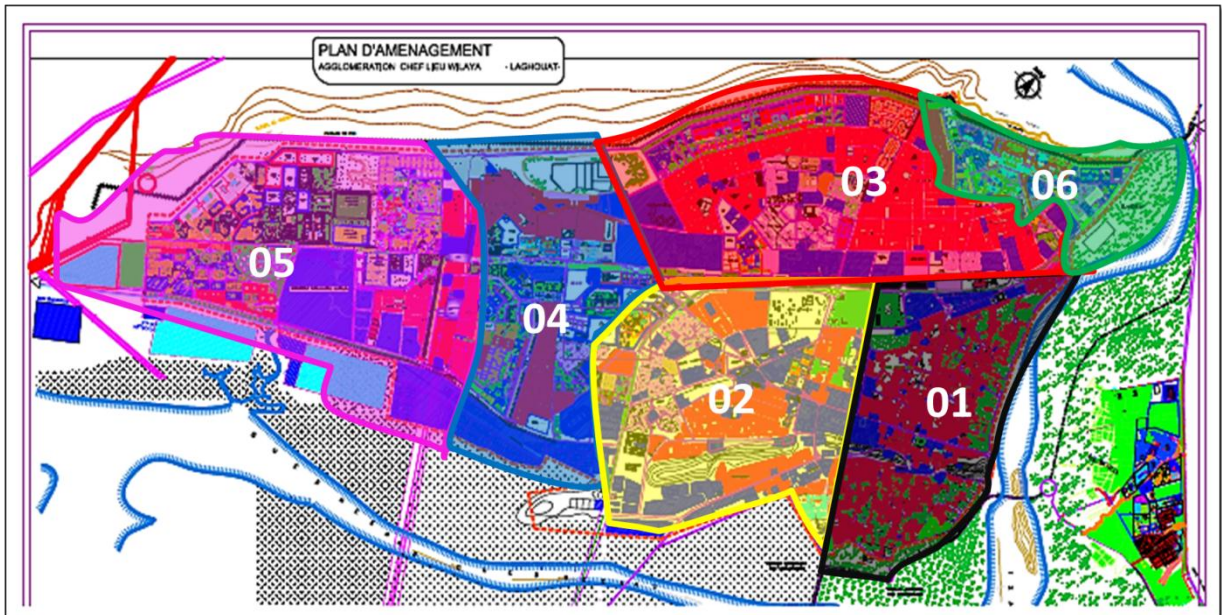


Figure II-14: Evolution urbaine de la ville de Laghouat.

(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 exposés 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 utilisé, procure passivement le confort thermique.

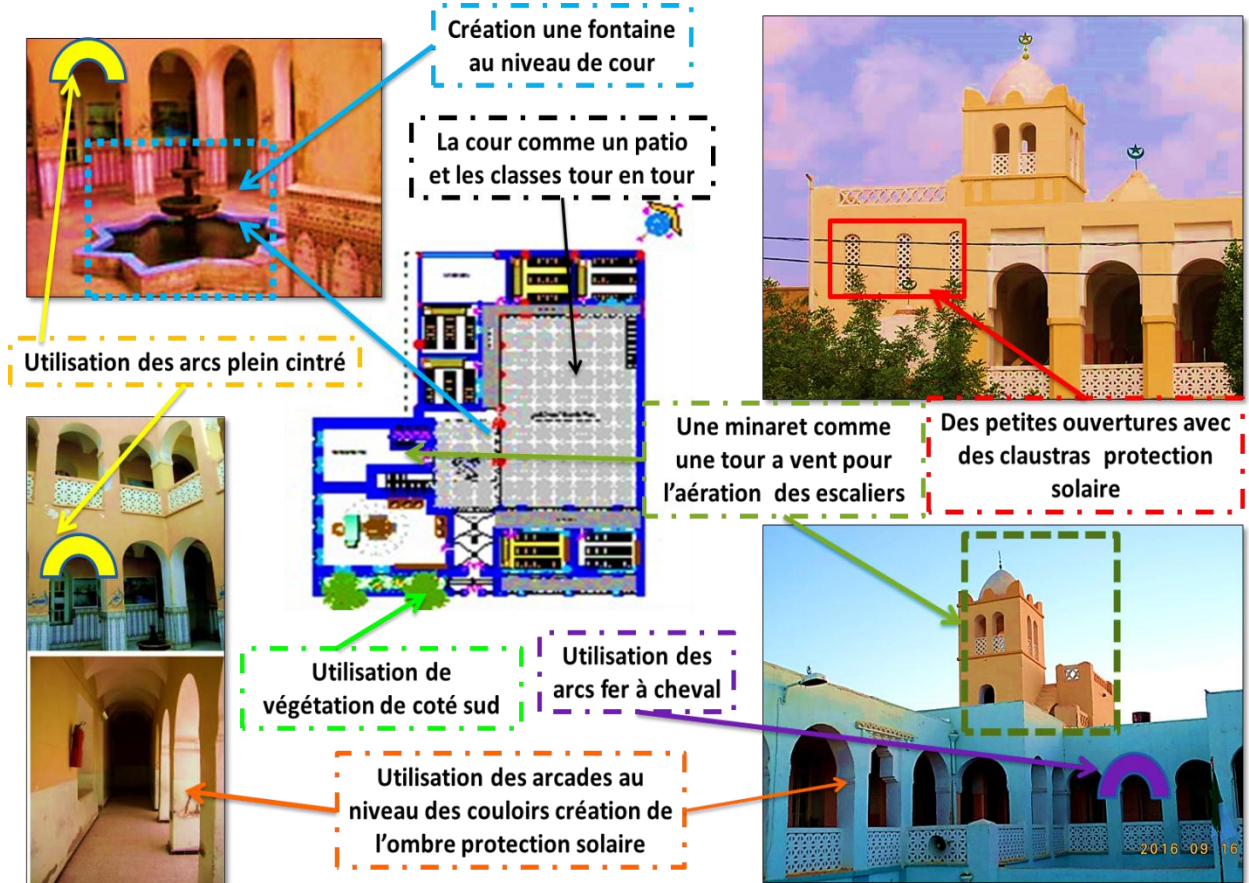


Figure II-16: Les techniques utilisées dans le style architectural de la ville de Laghouat.

(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

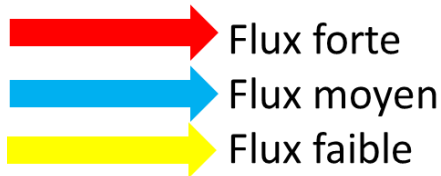


Figure II-19: Les limites du site.

Source : Google maps.

II.2.5. Les voisinages du site :

	habitats individuels R+1
	habitats collectifs R+3
	habitats collectifs R+3
	Lycée de Ahmed Gssayba R+ 2



Figure II-20: les voisinages du site.

Source : Google Maps.

II.2.6. Les éléments architecturaux dans le site :

Le corniche au niveau de l'acrotère

Les ouvertures simple rectangulaire

Les arcs plein cintré

Les arcades

Les arcs brisés

Les petites ouvertures en arc

Les couleurs sombre

Arcs outrepassé

Façade d'habitats collectifs

Façade lycée Ahmed Gssayba

Façade d'habitats collectifs

II.3. Choix du terrain :

Le site d'intervention avec une surface (30809,60m²) est grand pour recevoir notre projet ; alors il faut choisi 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

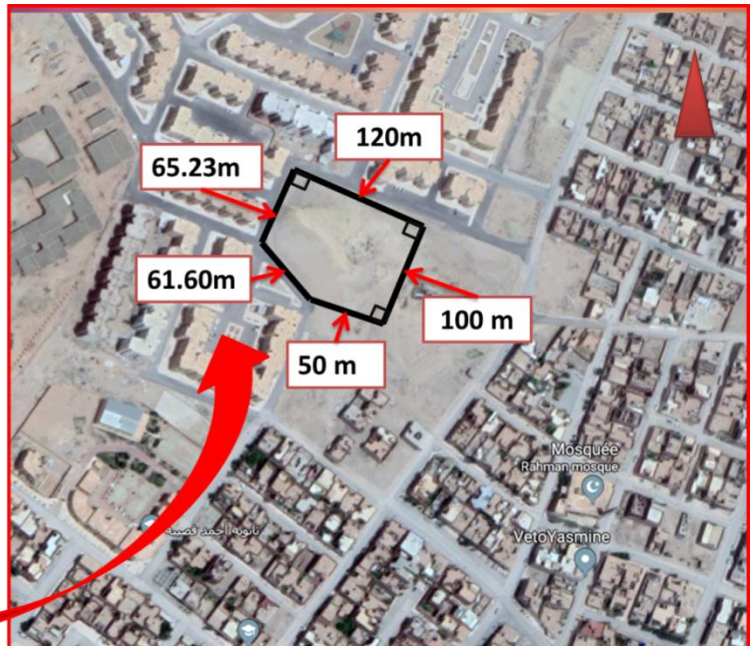


Figure II-21: présentation du terrain.

Source : Google Earth.

II.3.1. Les limites du terrain :

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

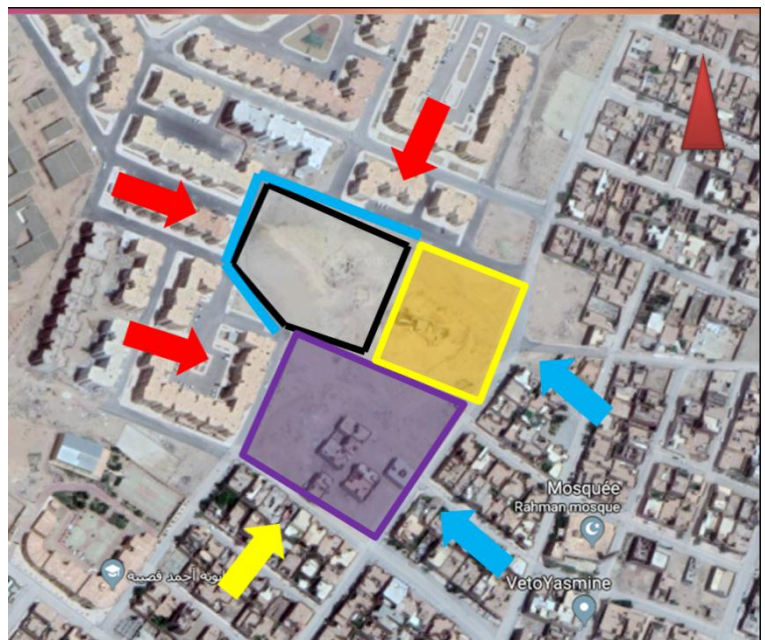
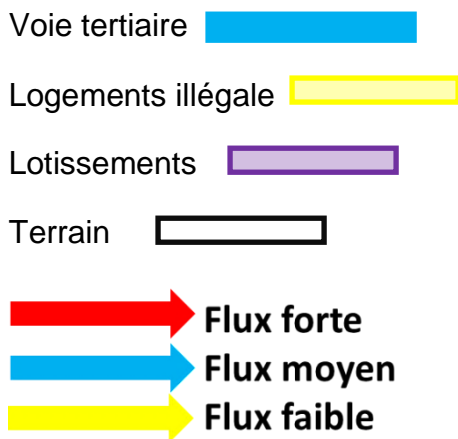


Figure II-22: Les limites du terrain.

Source : Google Earth.

II.3.2. La topographie du terrain :

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

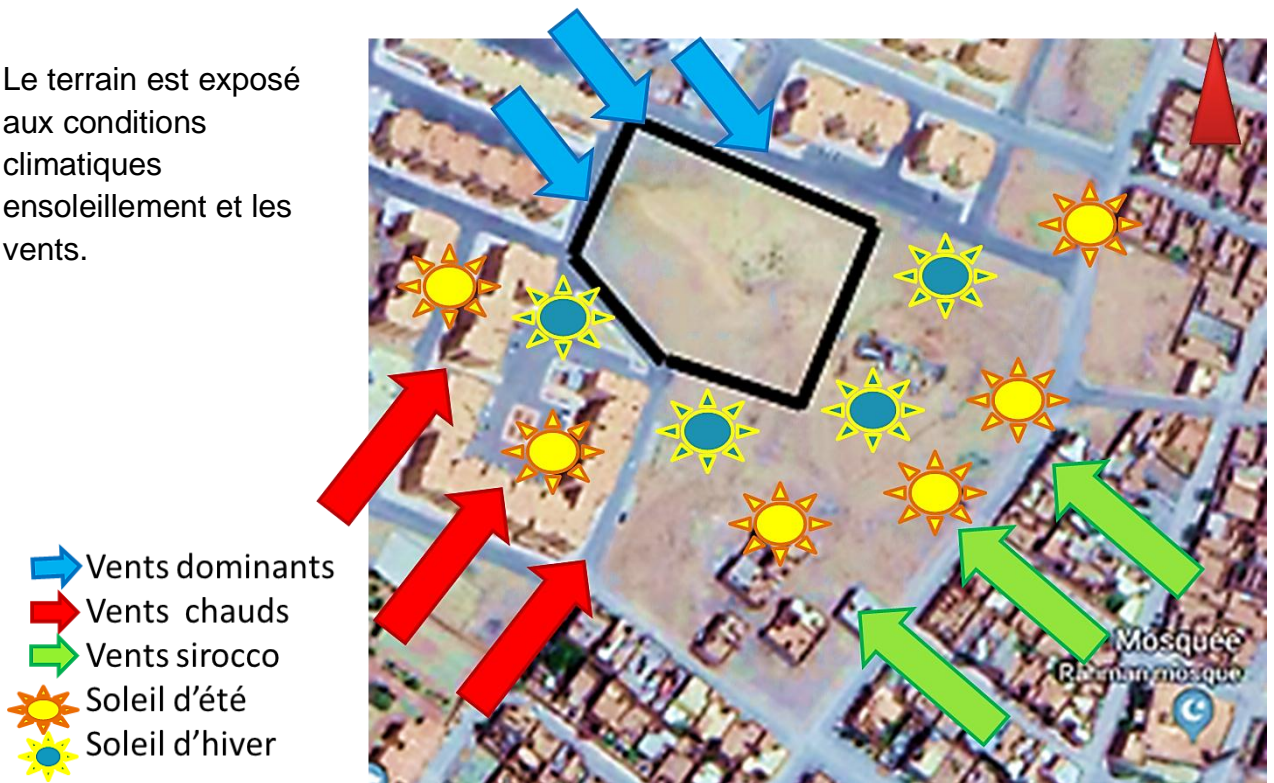


Figure II-23: Coupe topographie longitudinale et transversale du terrain.

Source : Google Earth.

II.3.3. L'ensoleillement et les vents :

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



- ➡ Vents dominants
- ➡ Vents chauds
- ➡ Vents sirocco
- ☀ Soleil d'été
- ☀ Soleil d'hiver

Figure II-24: Les données climatiques du terrain.

Source : Google Earth.

II.4. Synthèse :

L'accessibilité	<ul style="list-style-type: none"> -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	<ul style="list-style-type: none"> -Aménager l'espace extérieur comme un jardin d'enfant (absence des espaces verts dans le site). -Implanter 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 les 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	<ul style="list-style-type: none"> -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	<ul style="list-style-type: none"> -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	<ul style="list-style-type: none"> 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).

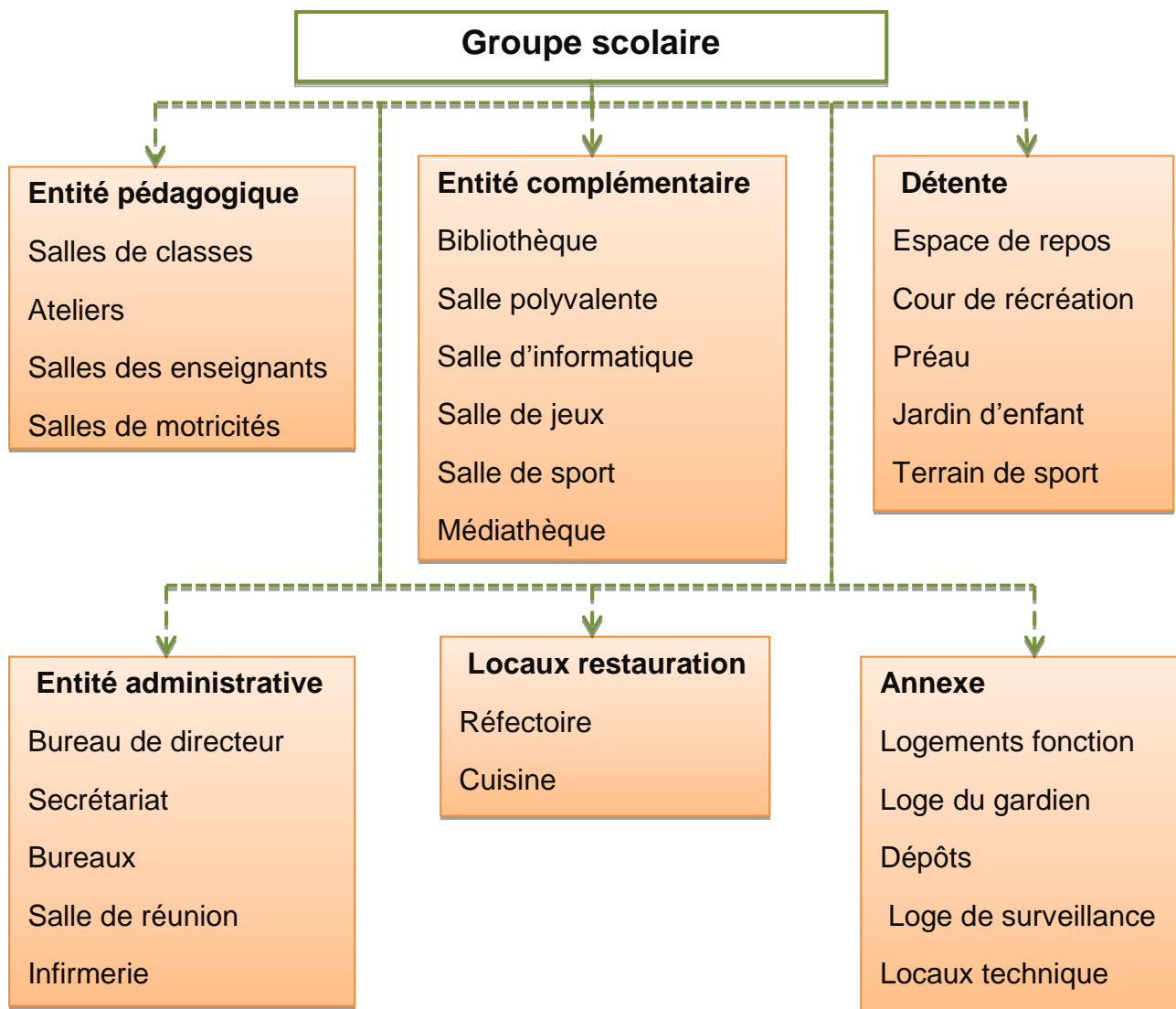
Etude programmation

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.
- Eclairément : 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 :

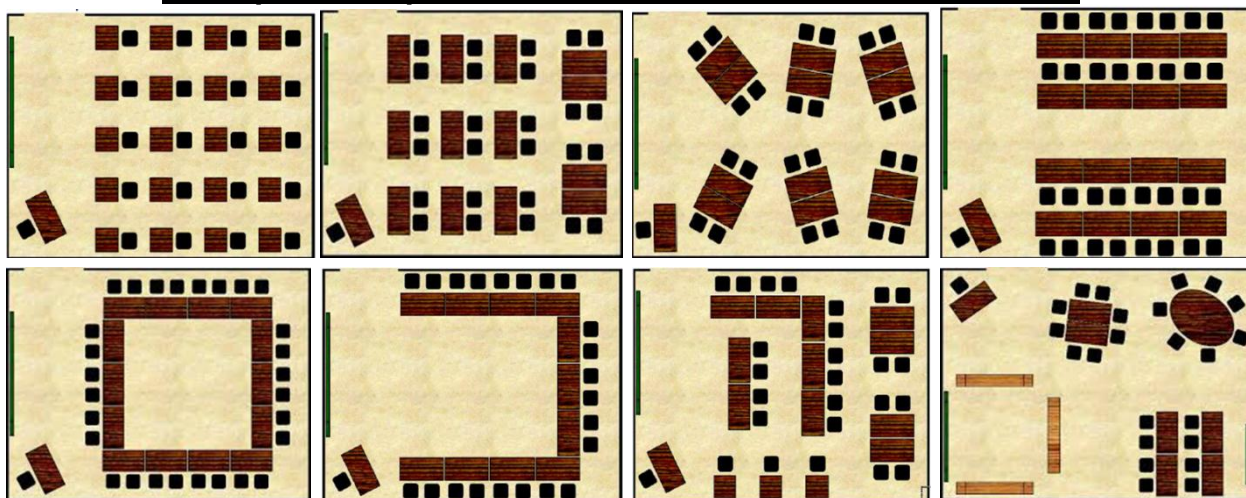


Figure III-2: Dispositions des tables dans les salles de classe.

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^{ème} 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.
- Eclairément : 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.
- Eclairément : 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.
- Eclaircement : 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.
- Eclaircement : 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.
- Eclaircement : 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.
- Eclairage : 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.
- Stocker les produit alimentaires.
- Eclairage : naturel ; artificiel.
- Eclairage : 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'éclairage 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.	25m ³ /h par personne
Entité administrative	20 à 23 °C.	500 Lux.	25m ³ /h par personne.
Entité complémentaire	20 à 23,5 °C en hiver. 23 à 26 °C en été	500Lux.	Entre 25 et 30m ³ /h par personne
Entité restauration	19 à 23 °C.	700 Lux.	30m ³ /h par personne. Avec ventilation mécanique
Service collectif (sanitaires)	22 à 26 °C hiver 23 à 30 °C été	200Lux	50m ³ /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	Nombre	Surface (m ²)	Surface totale
Pédagogique	Entité primaire			898m²
	Salle de classe	06	62 m ²	
	Salle des profs	01	46m ²	
	Salle d'activité	01	220m ²	
	Salle de musique	01	160m ²	
	Sanitaires+ s profs	04	25m ²	
	Entité maternelle			560m²
	Salle de lecture	05	64m ²	
	Espace d'exposition	01	72m ²	
	Espace de repos	02	56m ²	
	Sanitaires+ Es change	02	28m ²	
Circulation	/	375m ²	375m²	
Réception	Log de gardien	01	23m ²	

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.

	Bureau surveillance	01	30m ²	363m²
	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	322.95m²
	Cantine	02	95/85m ²	
	Chambre froide	01	7m ²	
	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.

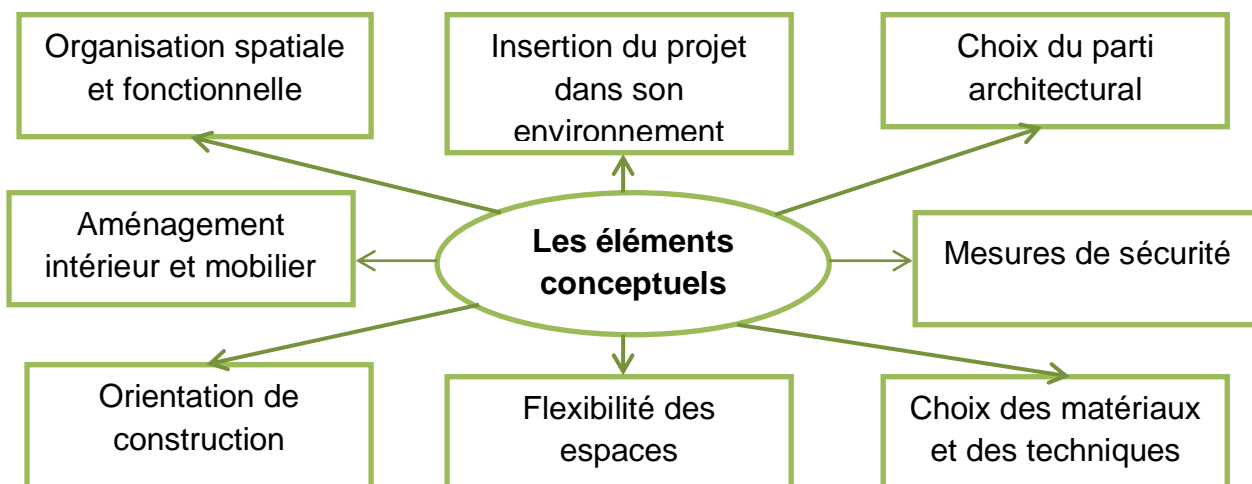
Etude architecturale

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 atteindrent 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 éclairage, 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.

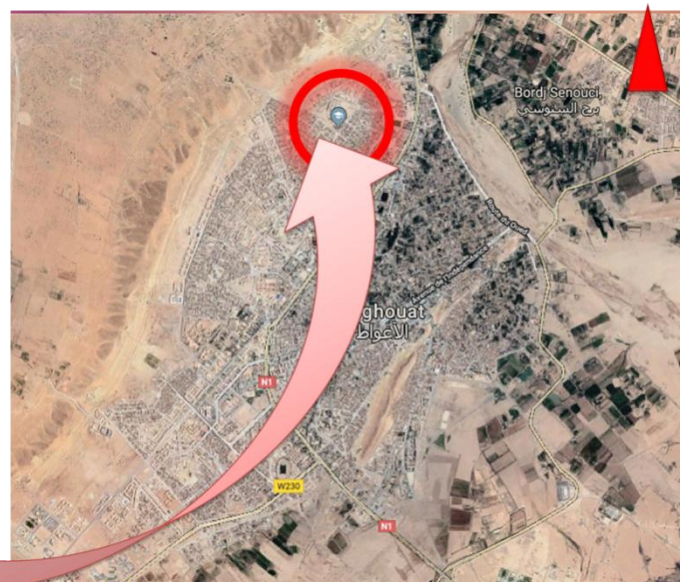


Figure IV-1: Situation et accessibilité de site d'intervention.

Source : Google Earth.

IV.2.1.2 Présentation de terrain :

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

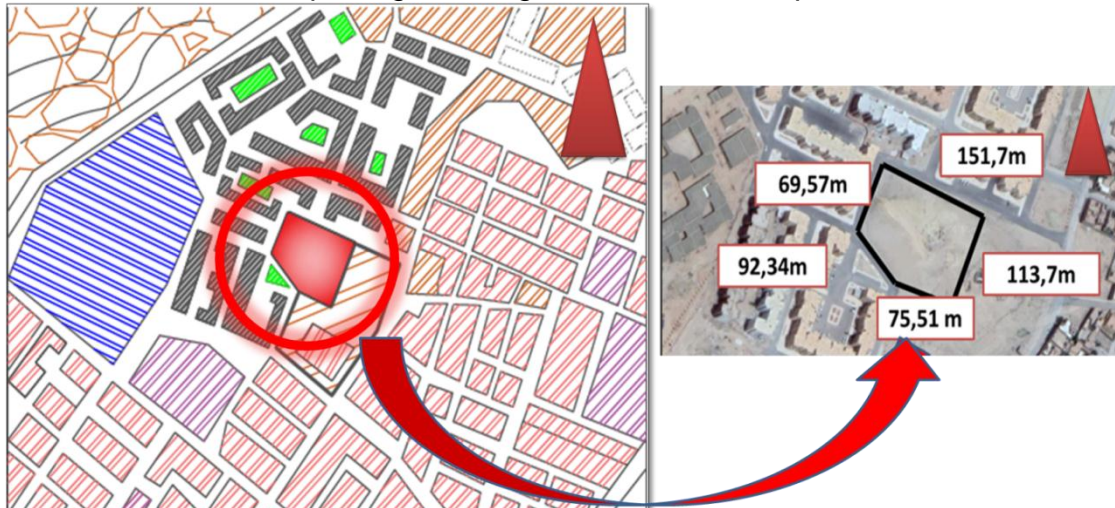


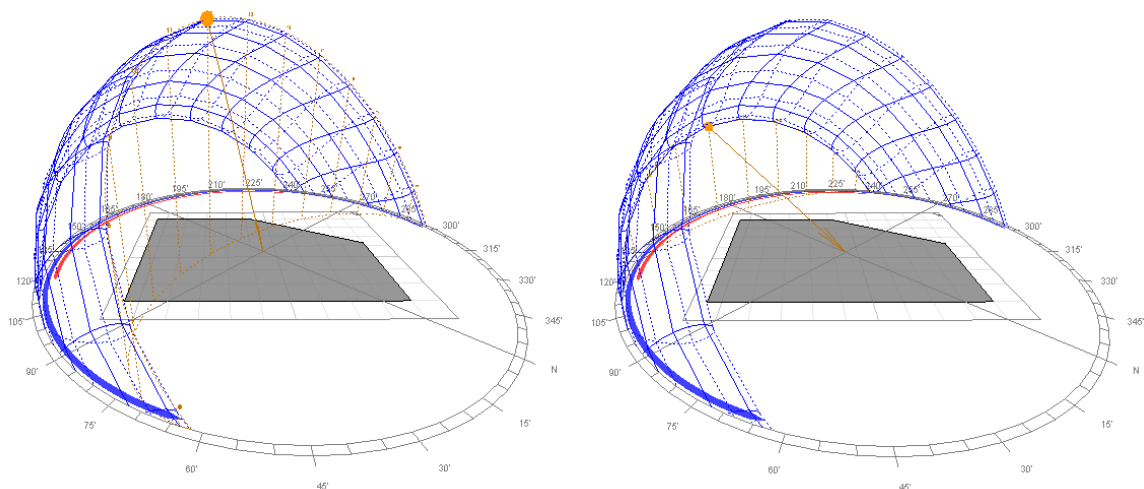
Figure IV-2: Présentation de terrain.

Source : Auteurs.

1. Les données climatiques de terrain :

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



Période hivernale (21 décembre)

Période estivale (21 juin)

Figure IV-3: Les données climatiques de terrain.

Source : Auteurs.

IV.2.2. Matérialisation et les étapes de projet :

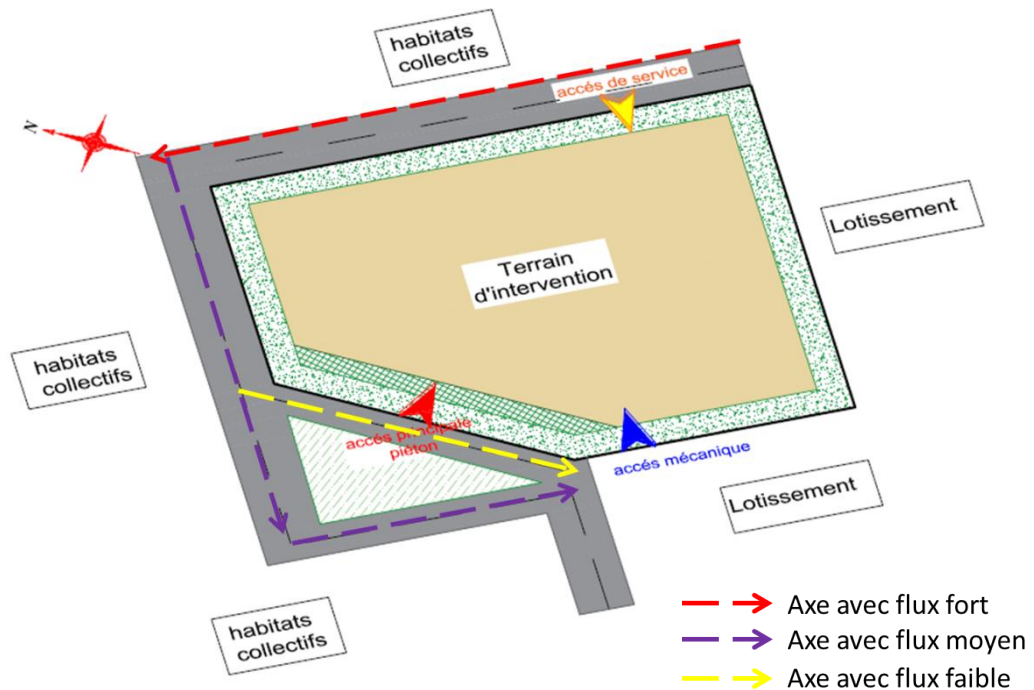
1. Choix des accès :

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.

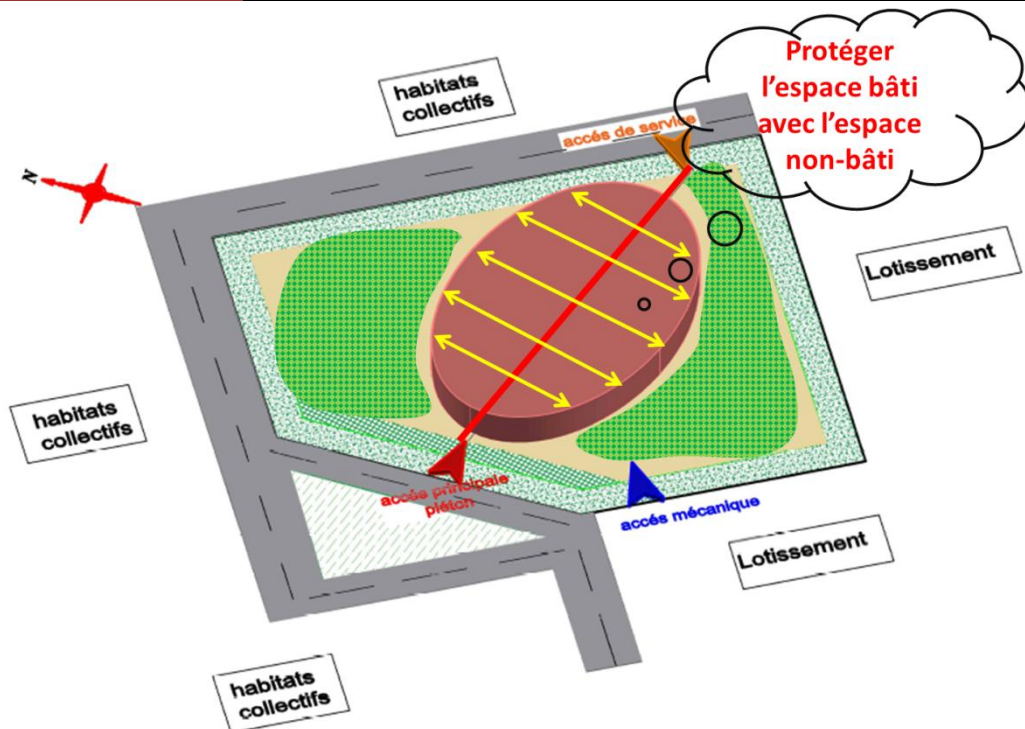


Figure IV-5: Mode d'occupation de projet.

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.

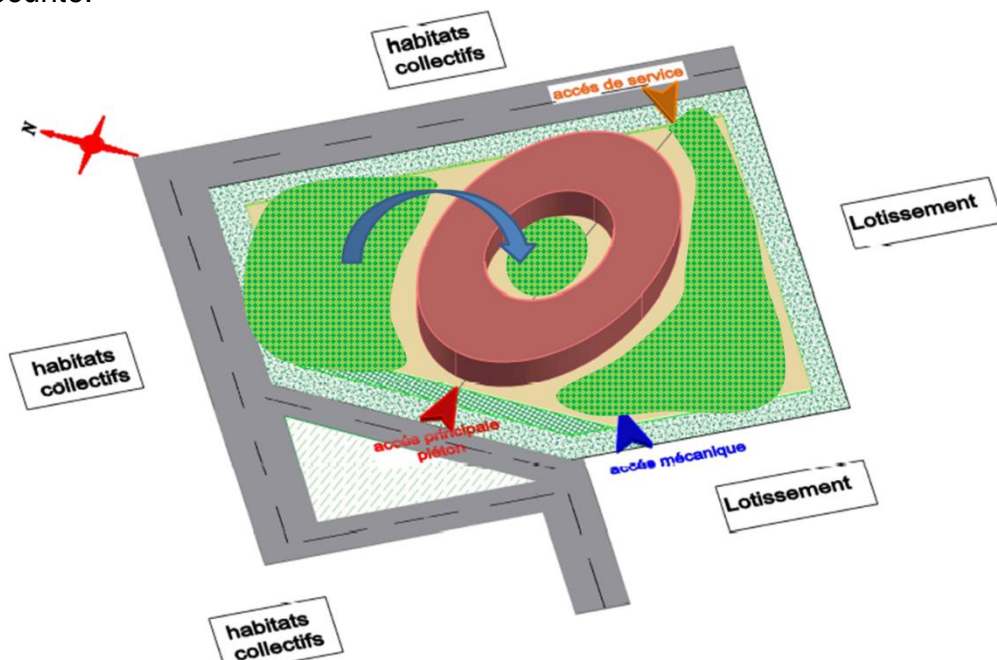


Figure IV-6: Création de cour au milieu de projet.

Source : Auteurs.

4. Zoning :

4.(a). Répartition des entités principales :

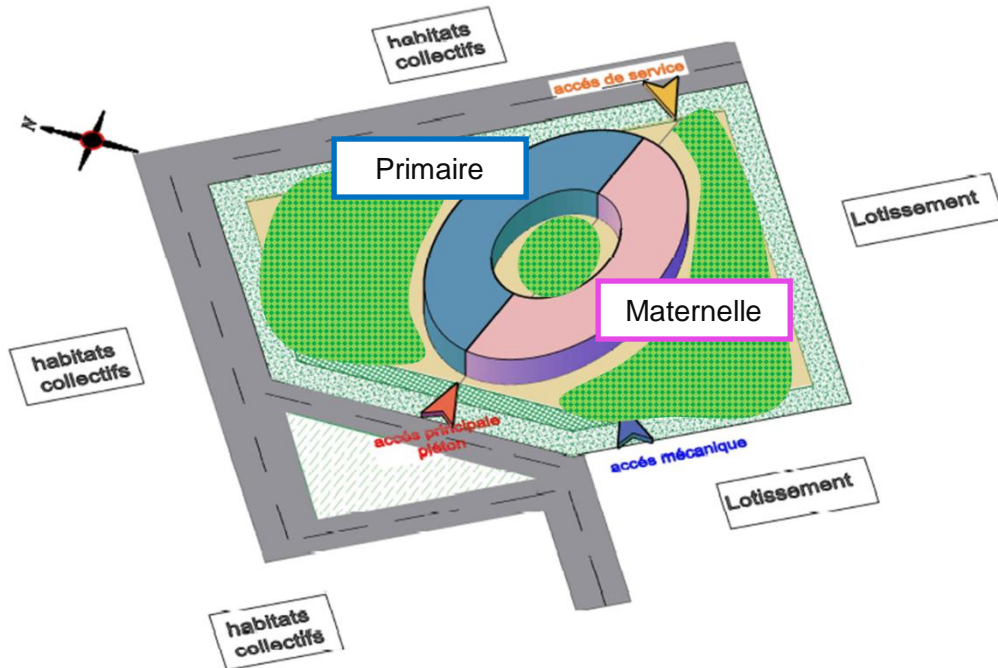


Figure IV-7: Zoning (création des entités principales).

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 les rayons solaires.
- ✚ Ces deux entités sont articulés et séparés par des entités communes.

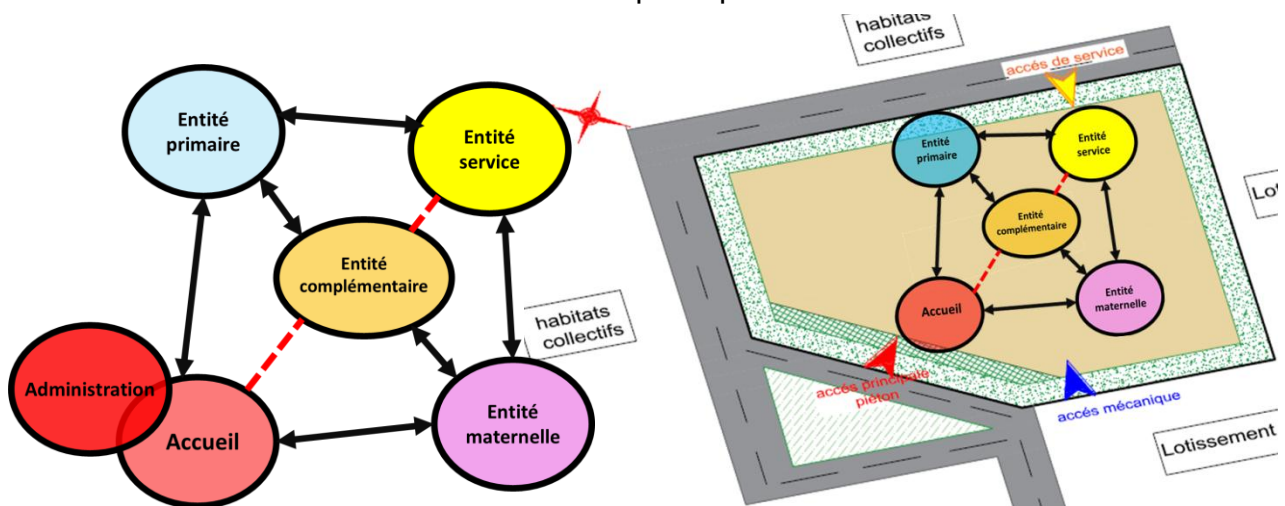


Figure IV-8: Organigramme.

Source : Auteurs.

4.(b). Répartition des entités communes :

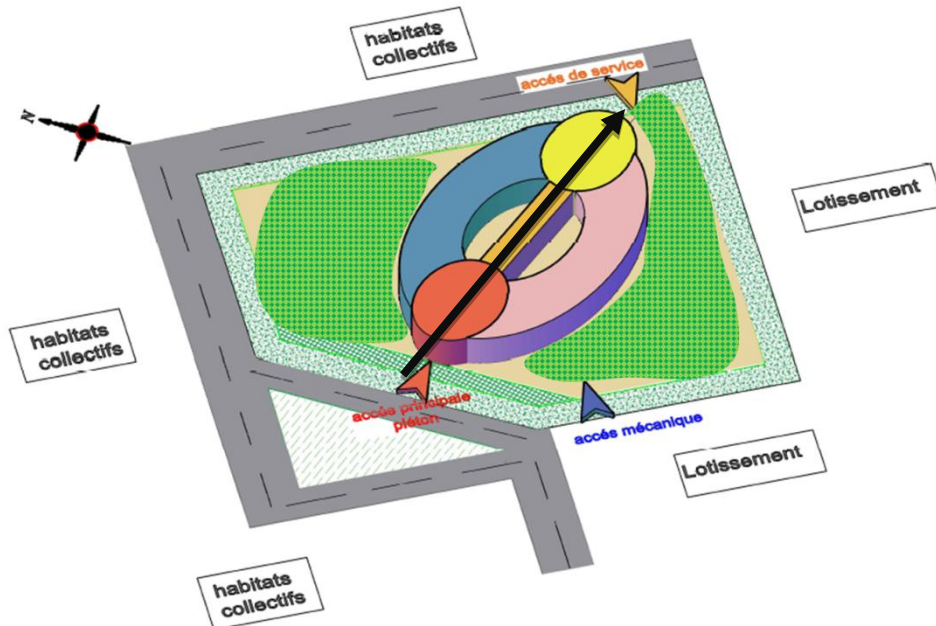


Figure IV-9: Répartition des entités communes.

Source : Auteurs

- ✚ Évolution des espaces communs selon l'axe d'hierarchie : 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'hierarchie cette organisation nous permet de diviser la cour entre l'entité primaire et l'entité maternelle.

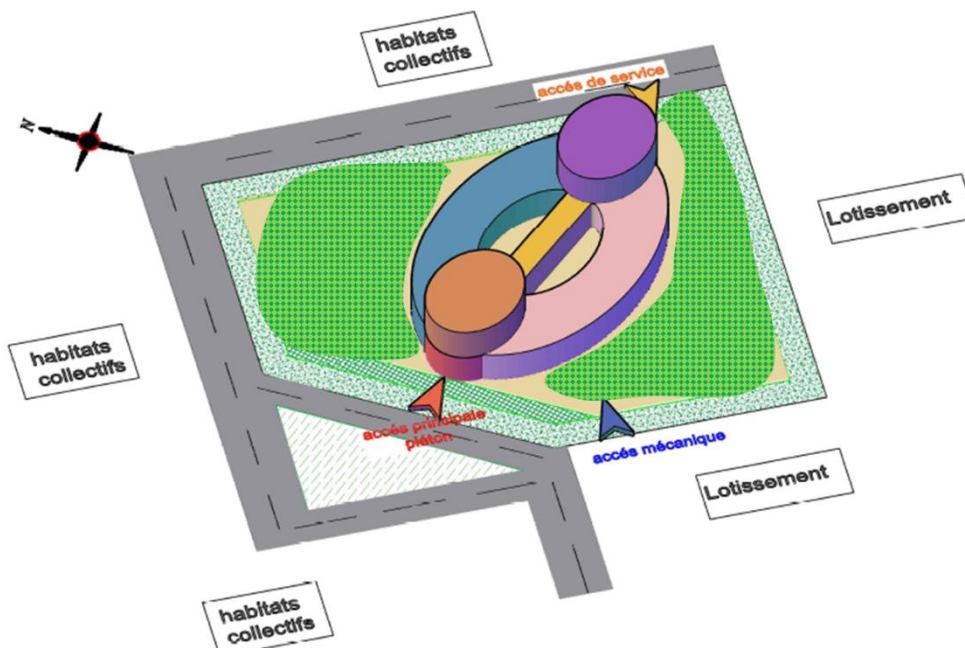
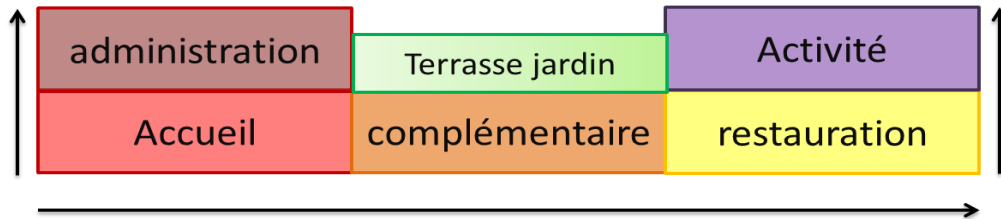


Figure IV-10: Répartition des entités communes (étage).

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 :

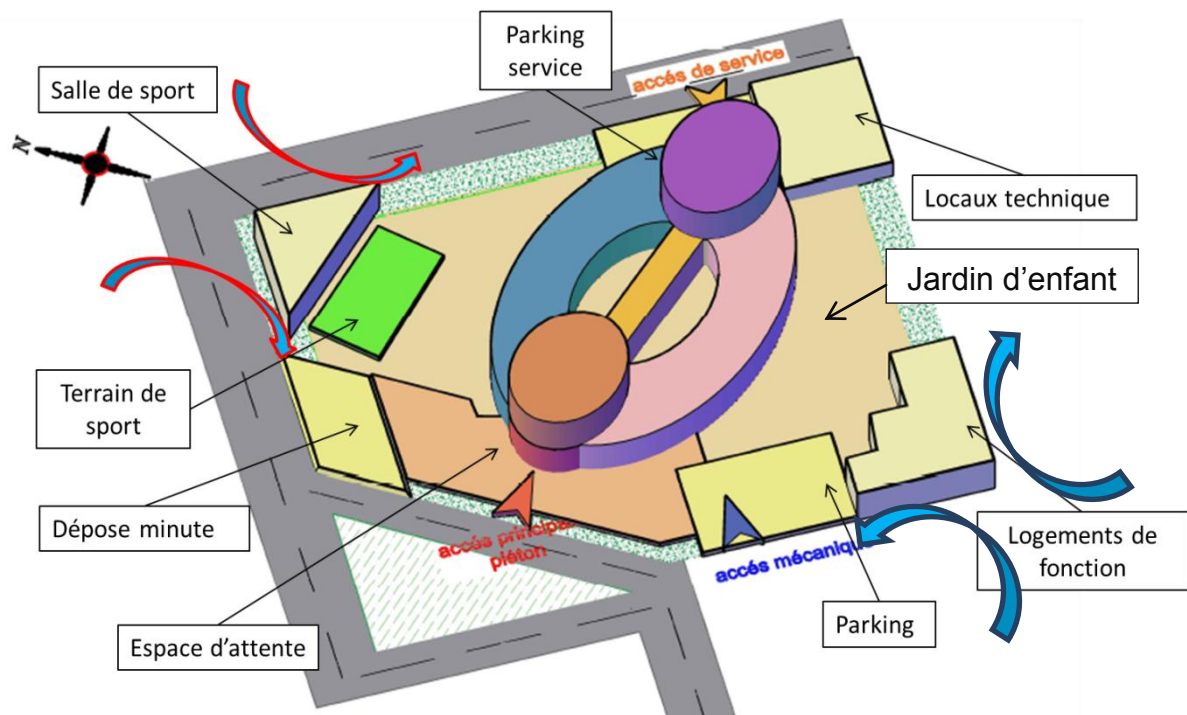


Figure IV-11: Zoning (vue 3D).

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 :

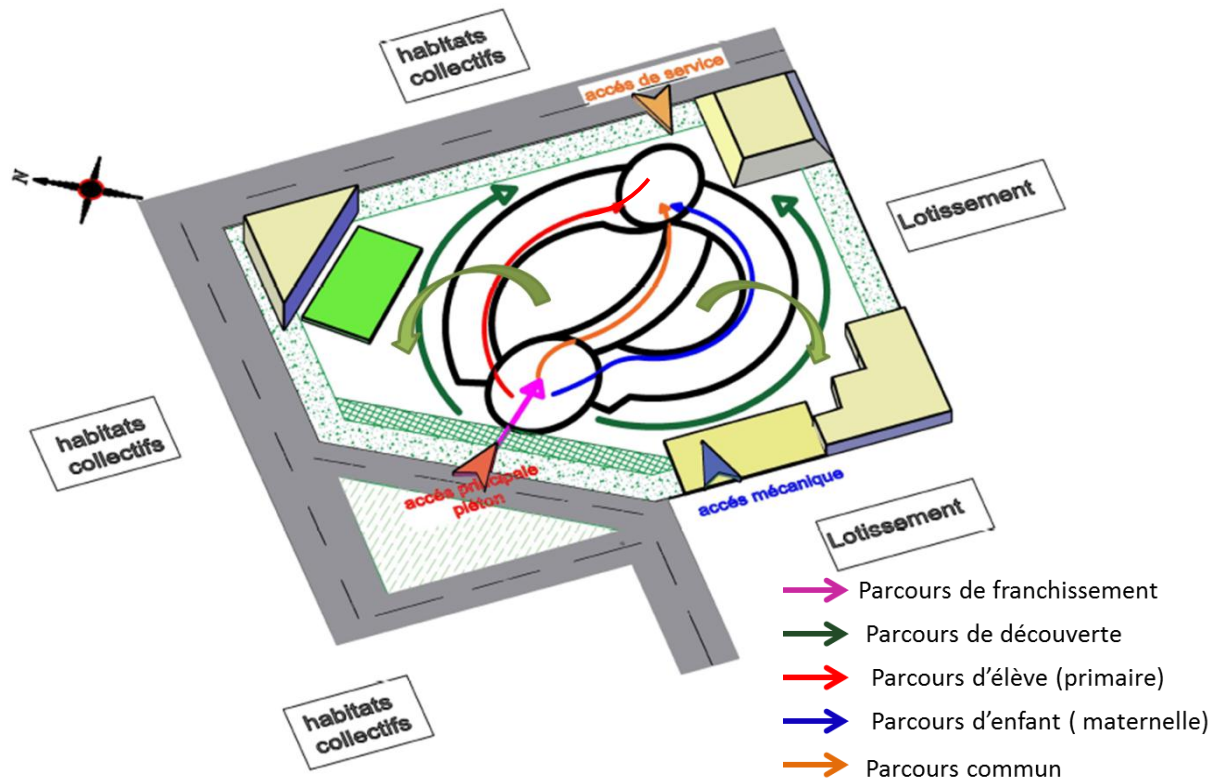


Figure IV-13: Les parcours.

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'arrivage 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 :

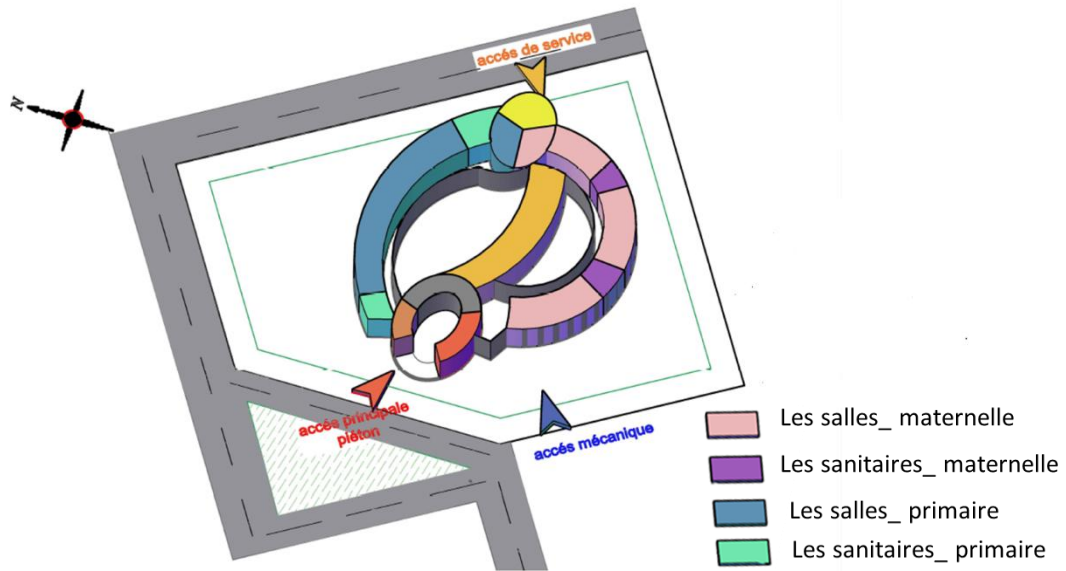
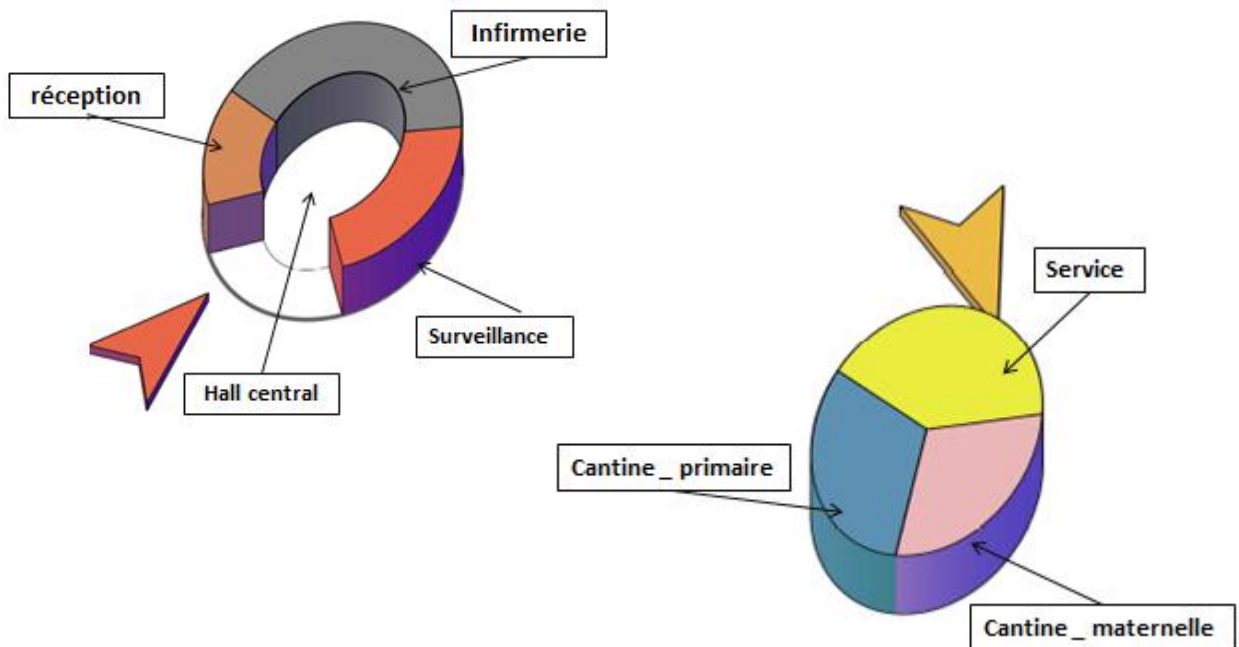


Figure IV-14 Sous Zoning des entités.

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 :

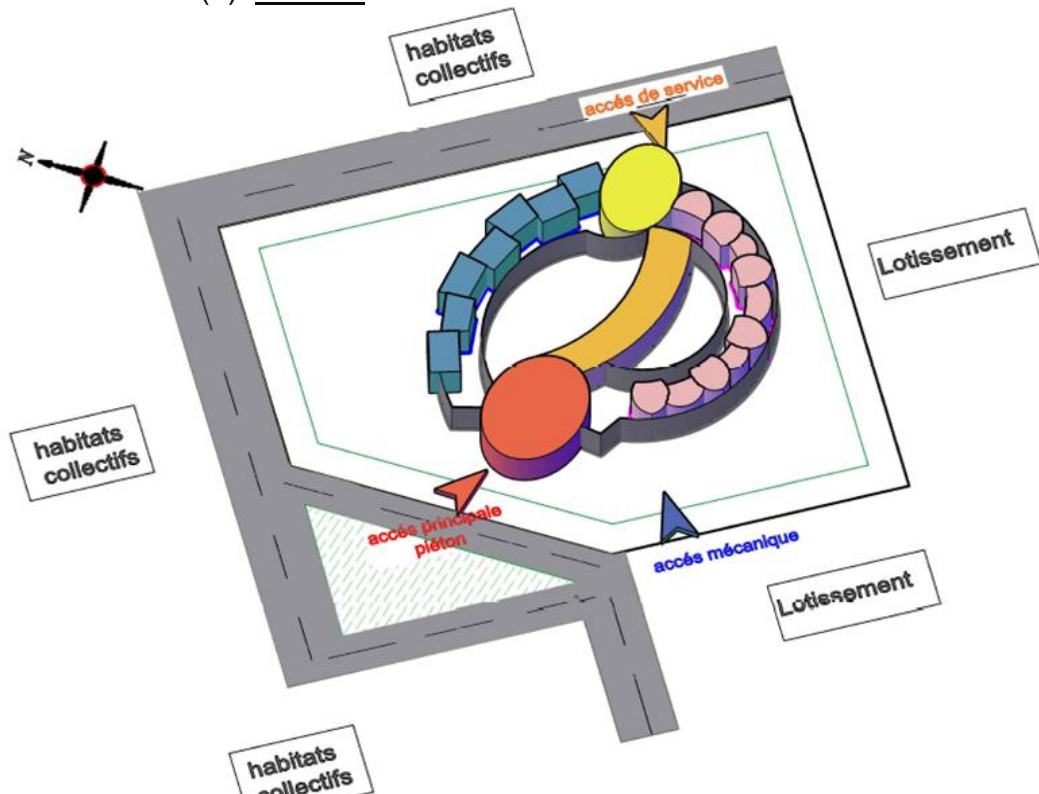
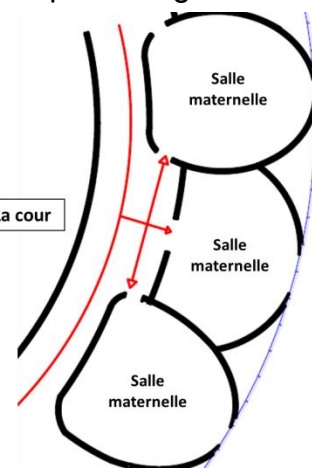
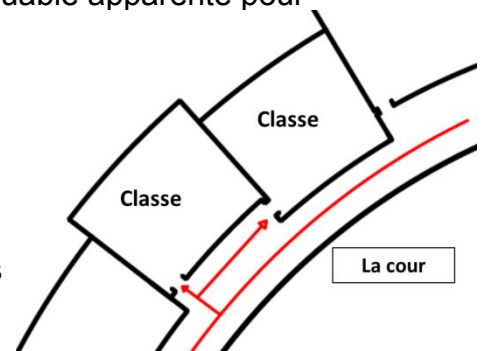


Figure IV-15: forme des salles de classe.

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 :

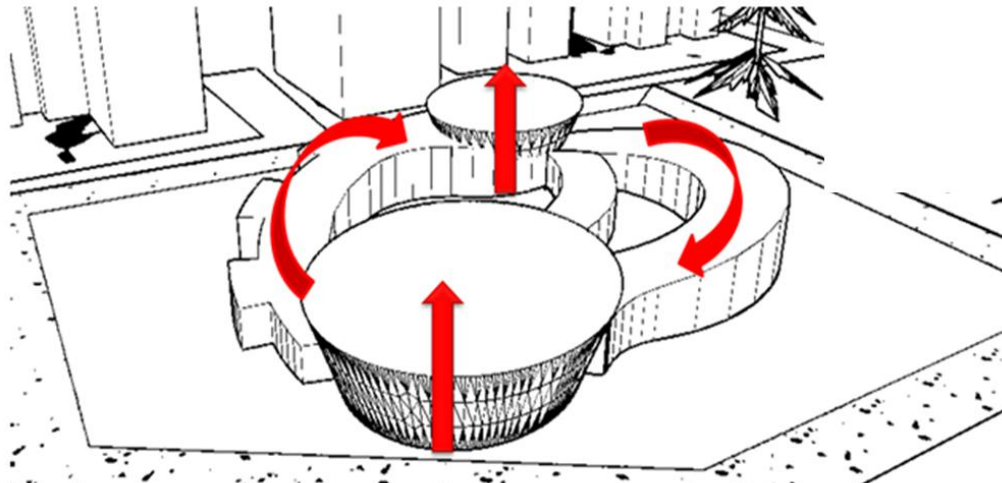


Figure IV-16: le volume et les différents niveaux.

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.

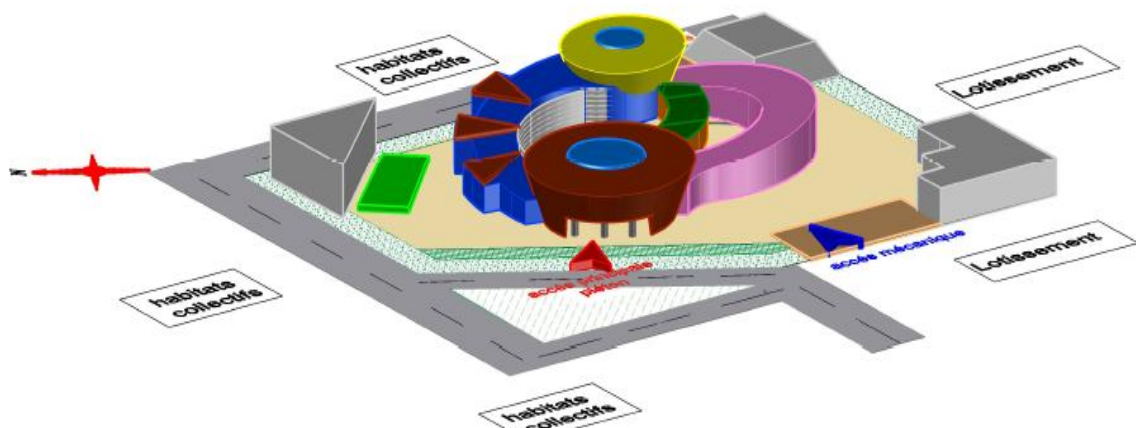


Figure IV-17: Le volume.

Source : Auteurs.

- ✚ Marque 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 :

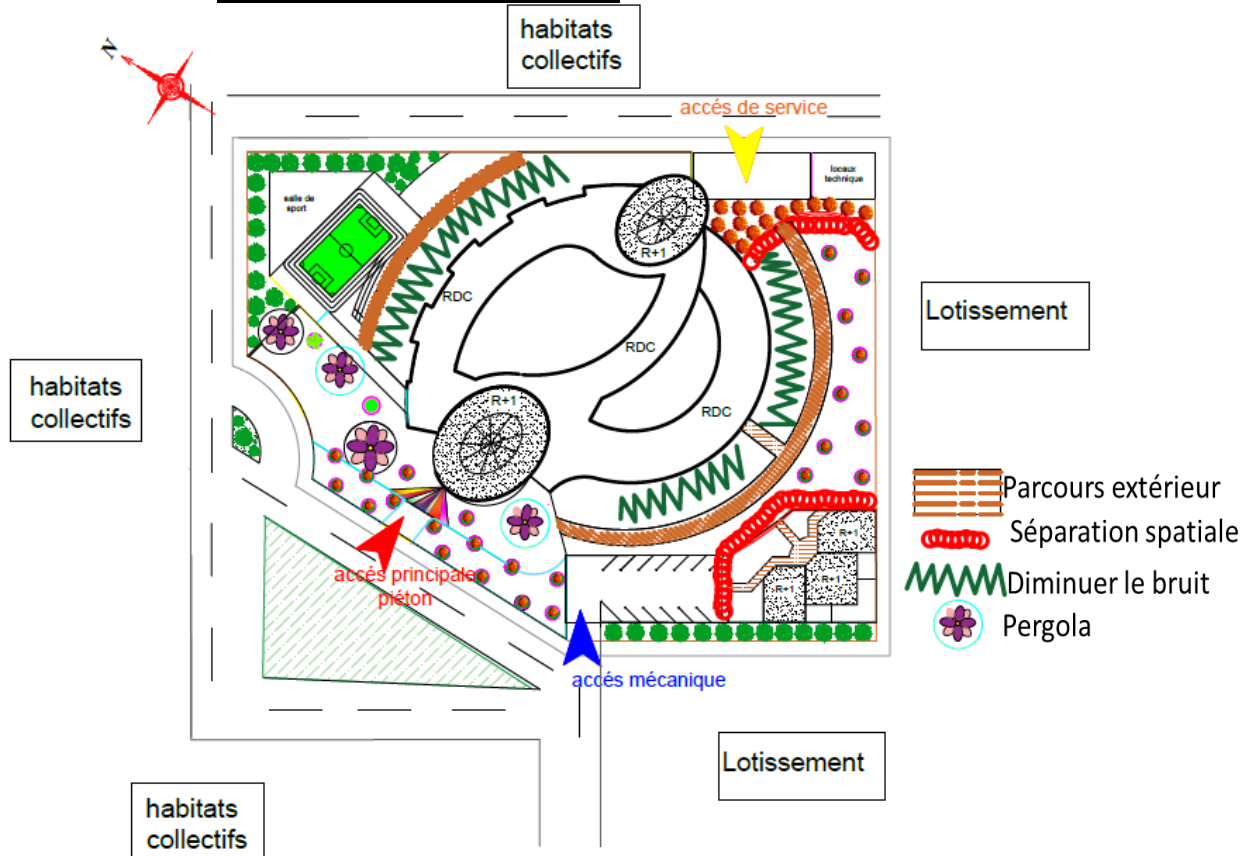


Figure IV-18: Aménagement Extérieur.

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.

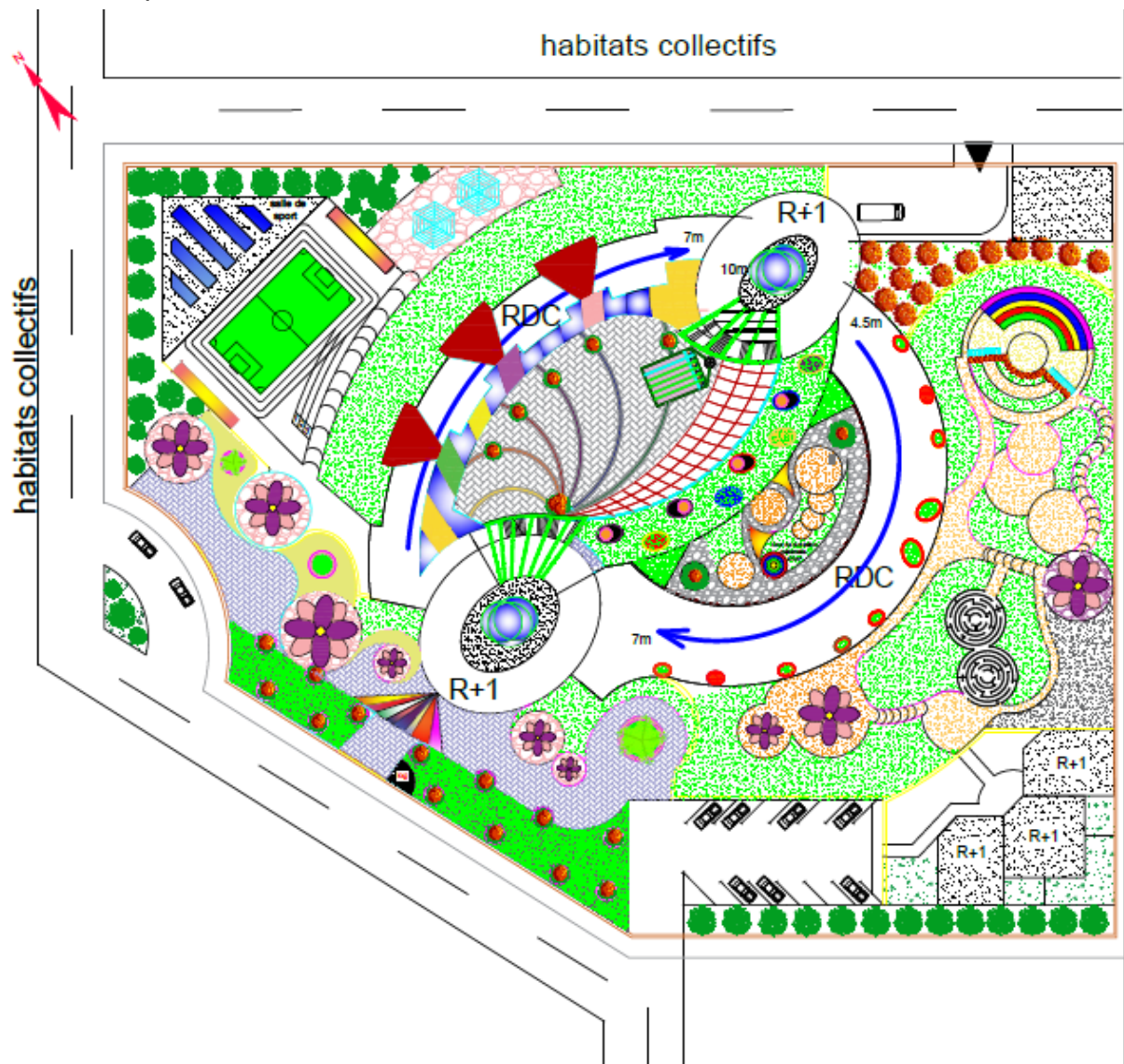


Figure IV-19: Plan de masse de projet.

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.

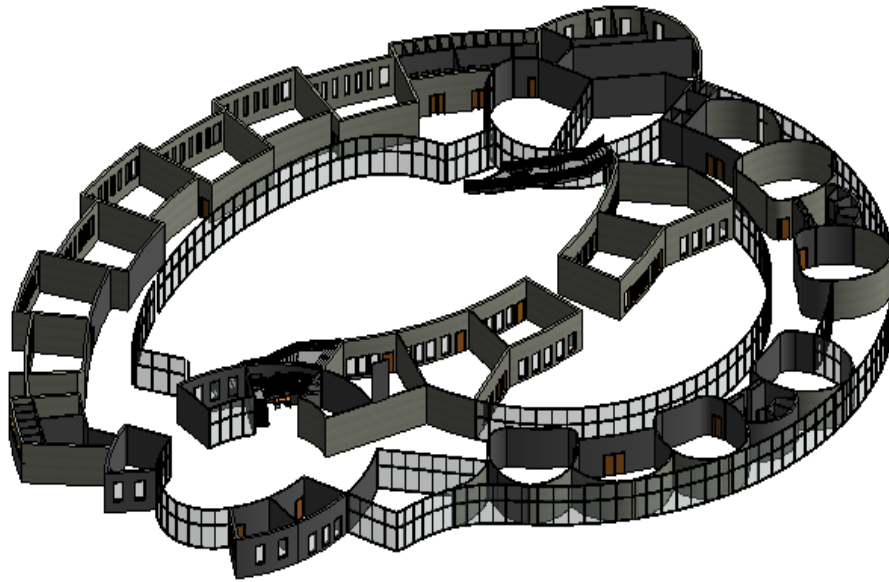


Figure IV-31 : Vue 3D d'intérieur.

Source : Auteurs.

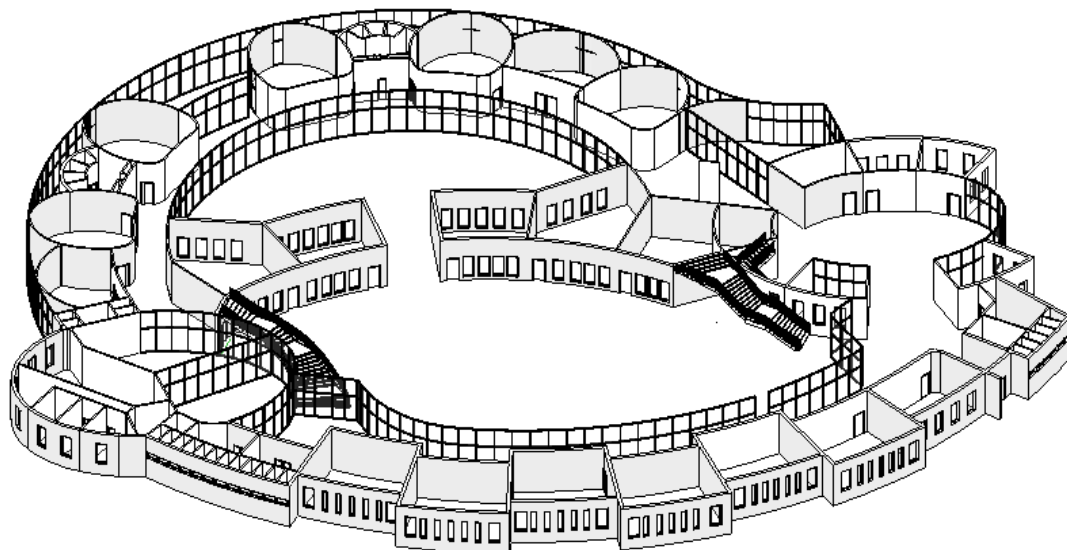
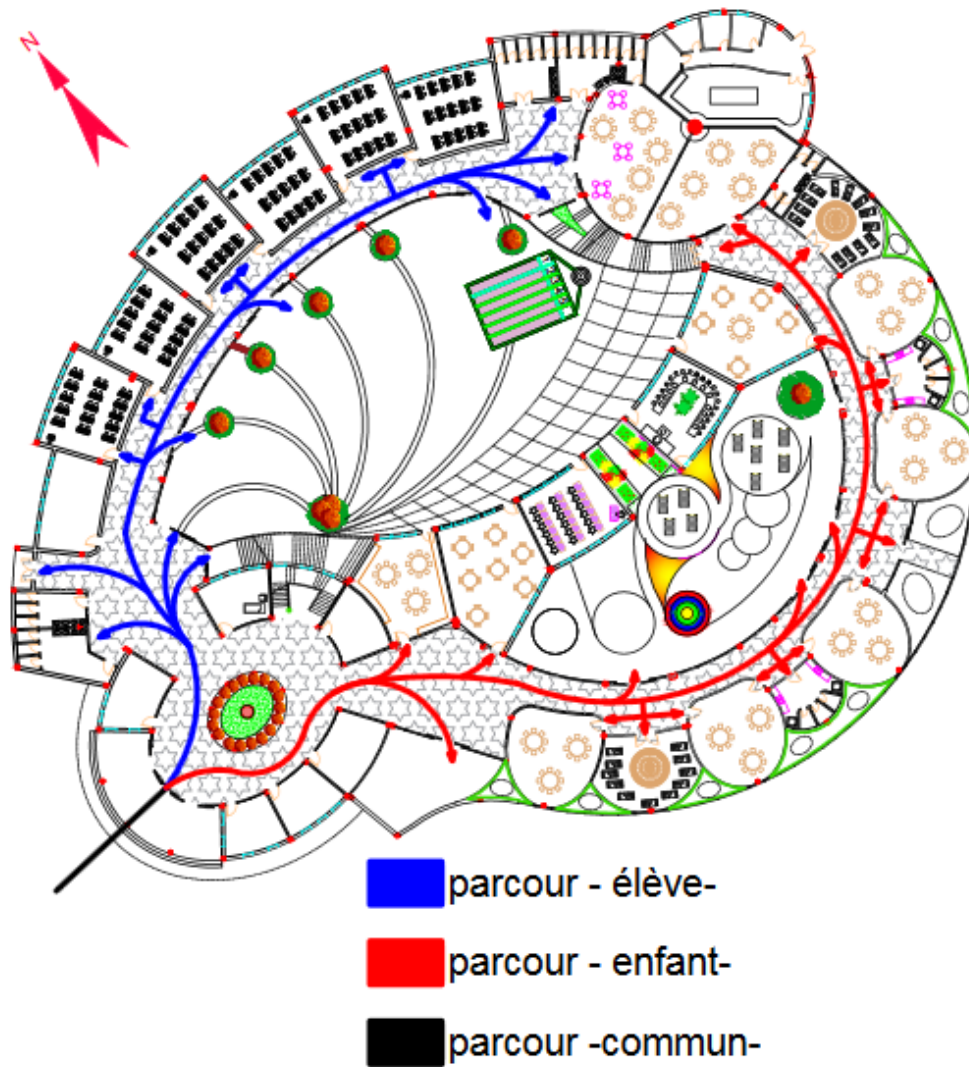


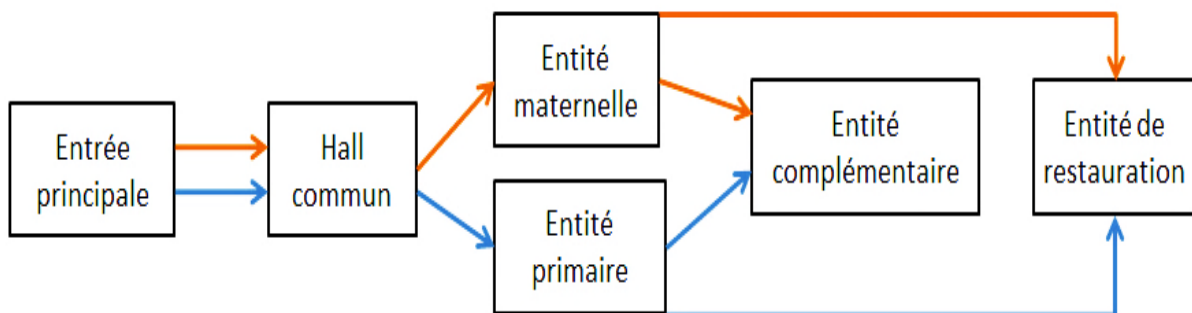
Figure IV-32 : Vue 3D sur les escaliers.

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).

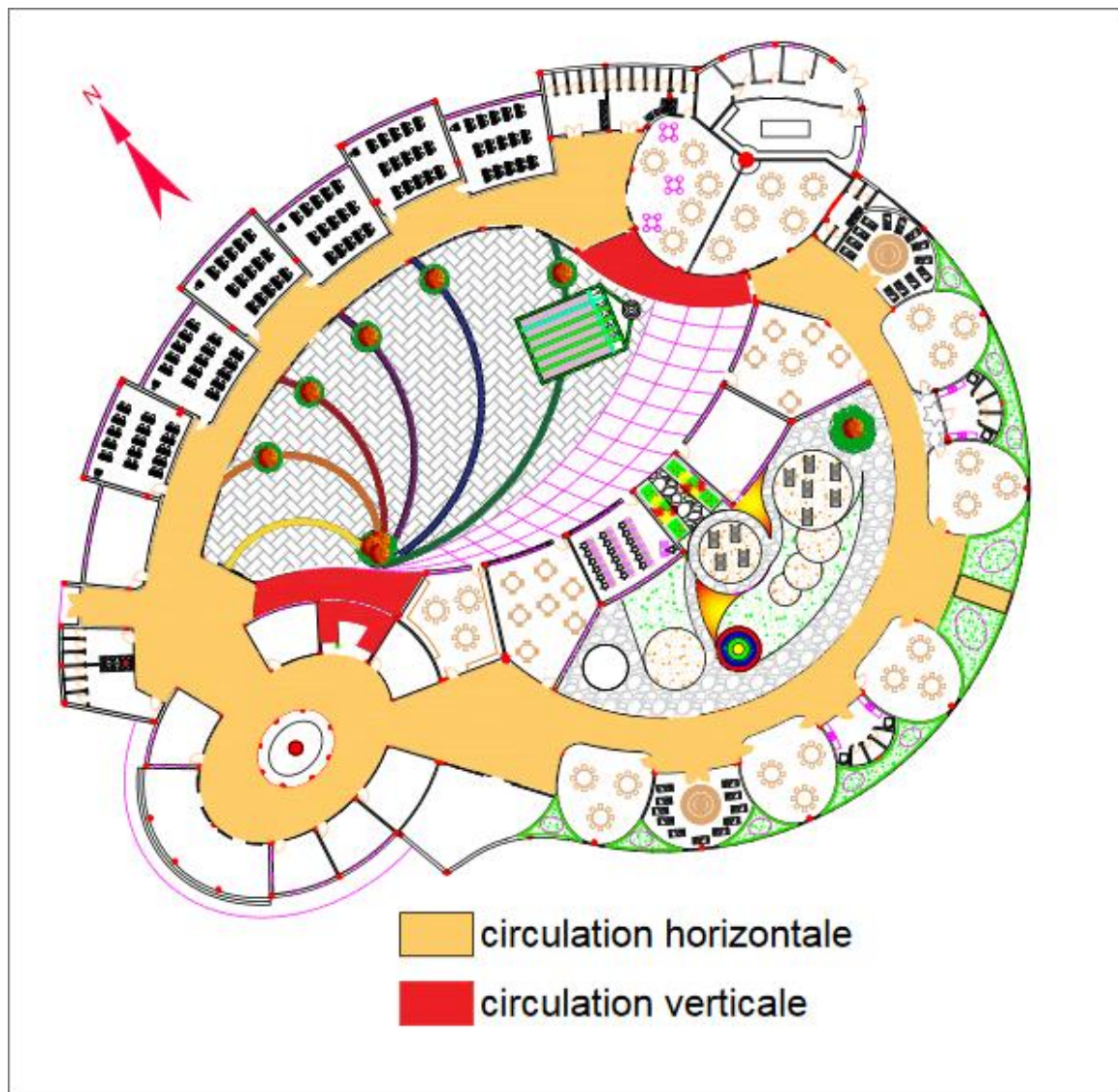


Figure IV-33: La circulation intérieure (RDC).

Source : Auteurs.

IV.3.2.4 Les espaces intérieurs :

Les espaces intérieurs de l'entité pédagogique pour les deux parties des salles de classes primaire et les salles maternelle.

- ❖ les salles de classe primaire forme régulière rectangulaire pour les travaux intellectuelles
- ❖ les salles maternelles de forme fluide ovale pour l'apprentissage et pour des activités ensemble.

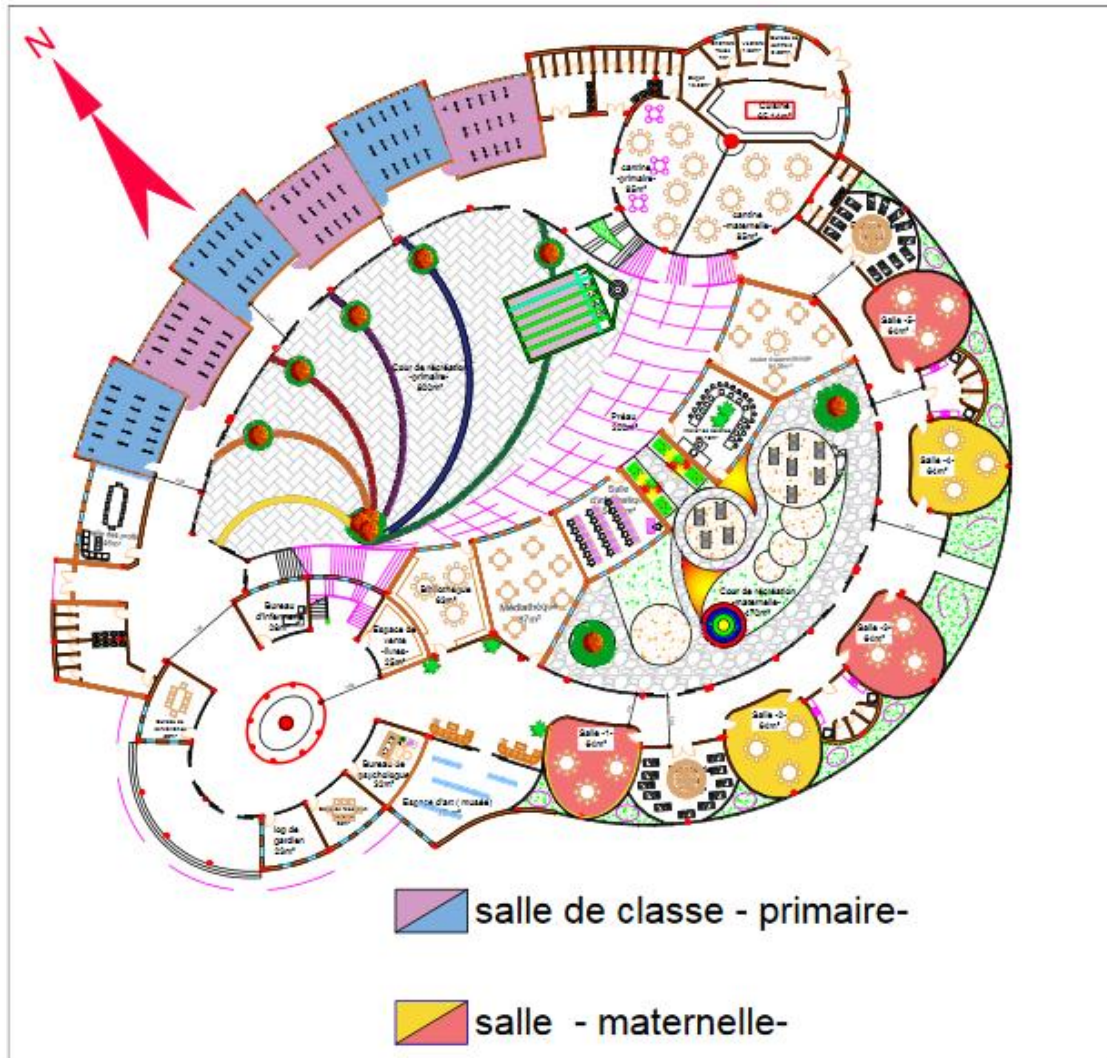


Figure IV-37: présentation des salles de classe pour les deux entités.

Source : Auteurs.

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

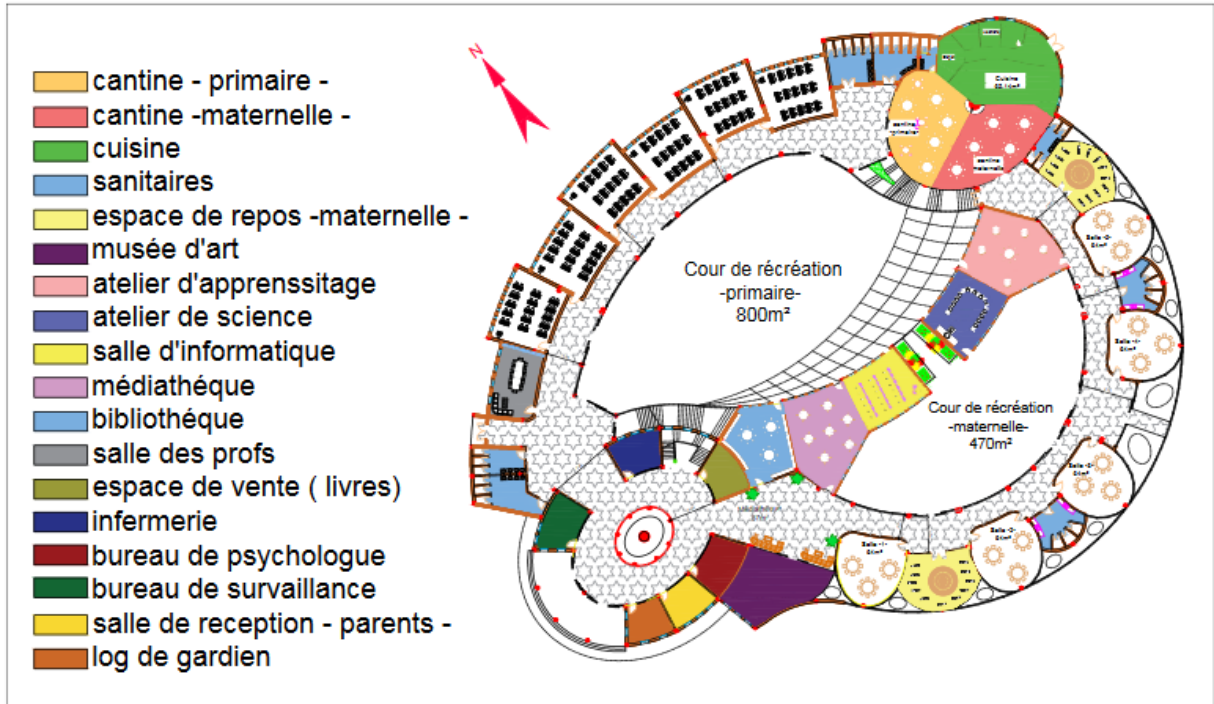


Figure IV-38 : les espaces intérieurs(RDC).

Source : Auteurs.

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

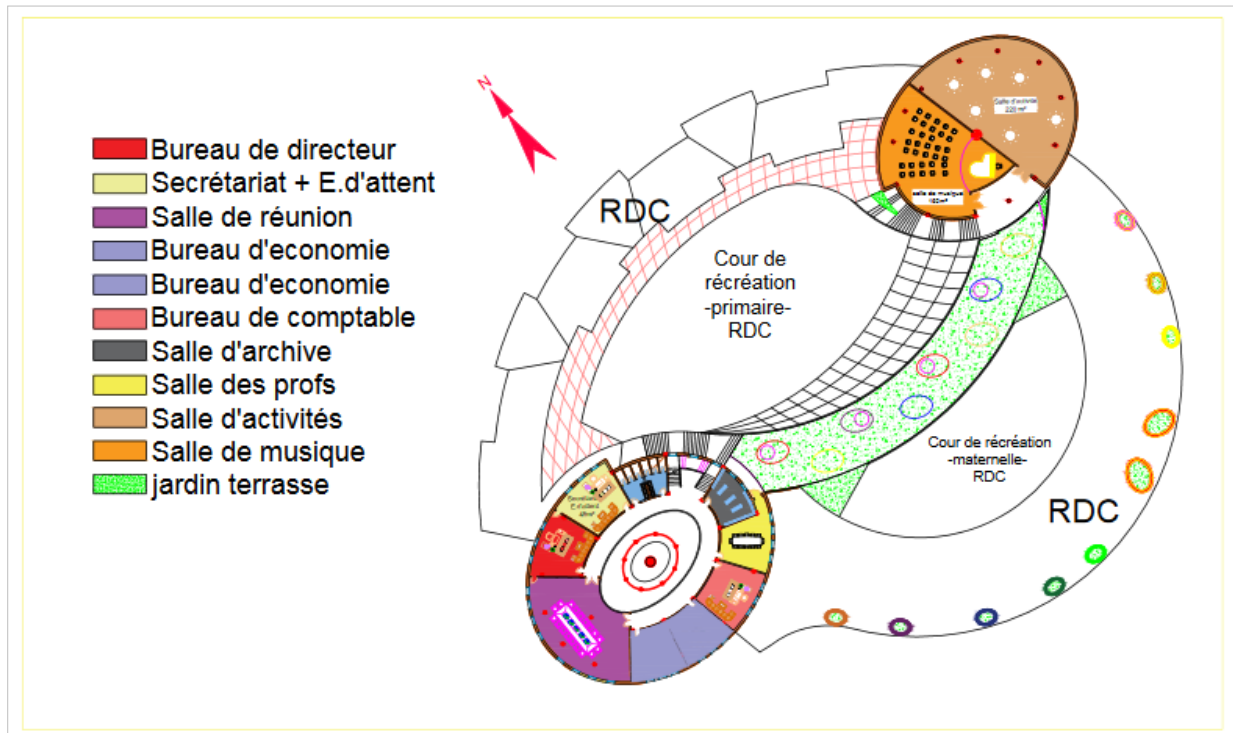


Figure IV-39 : Les espaces intérieurs (R+1).

Source : Auteurs.

IV.3.2.5 Les aspects environnementaux :

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

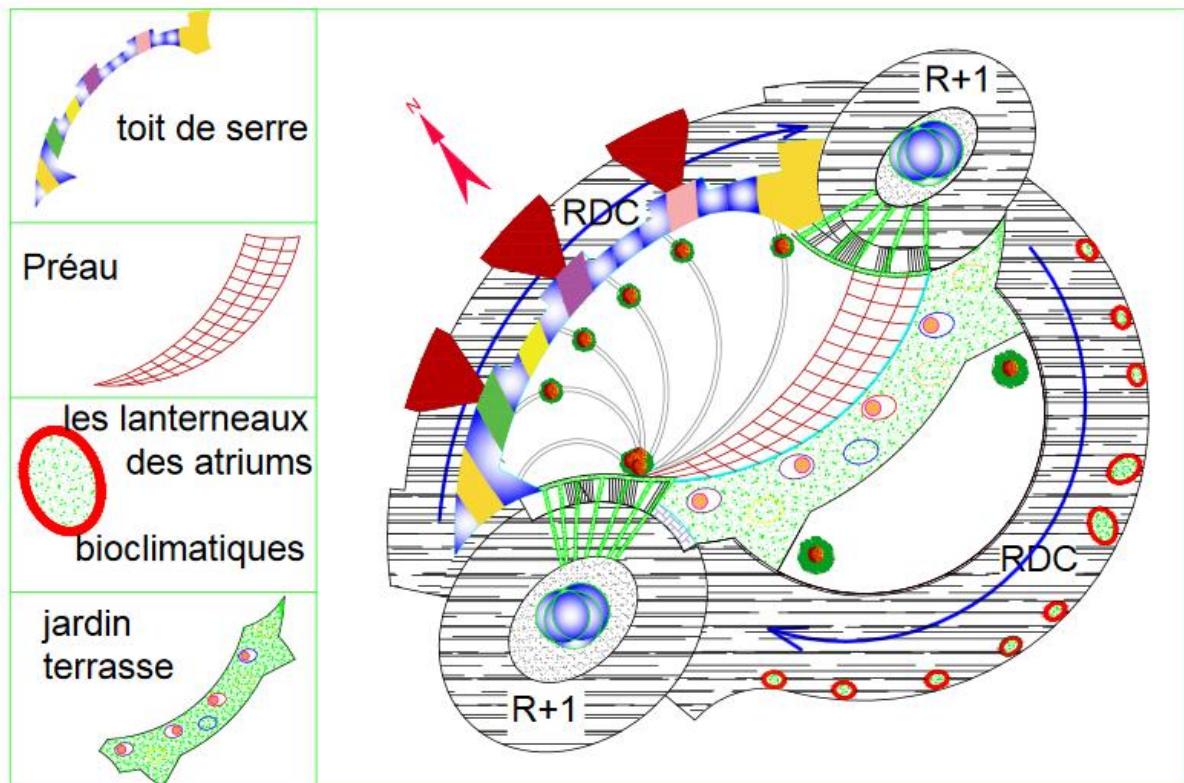


Figure IV-40: Plan de toiture + les aspects environnementaux.

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.

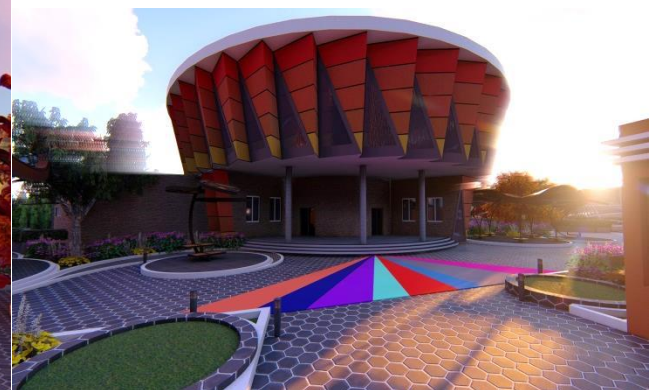
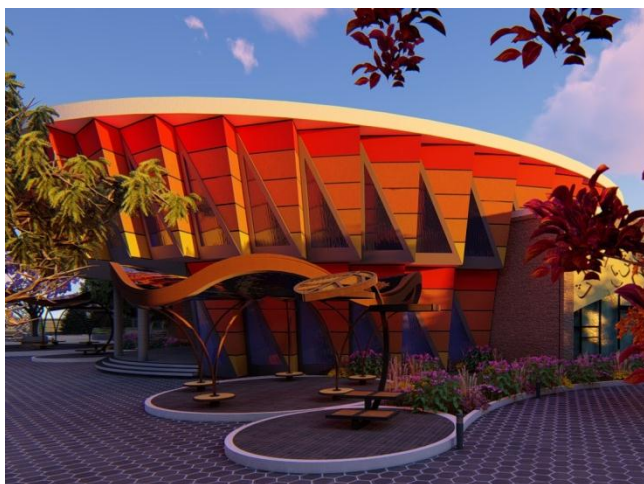
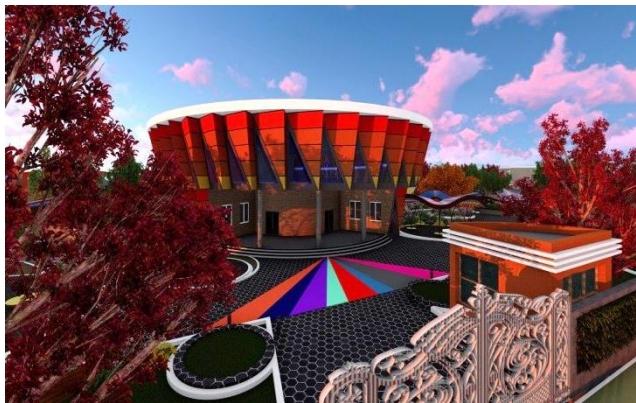
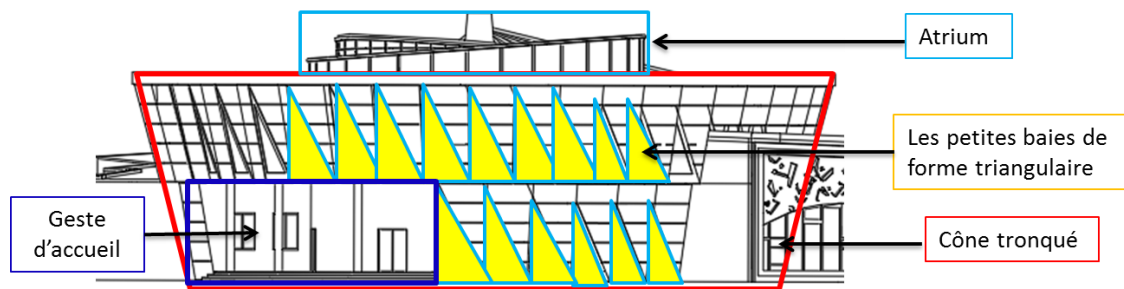


Figure IV-41: Des vues sur façade Ouest.

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.

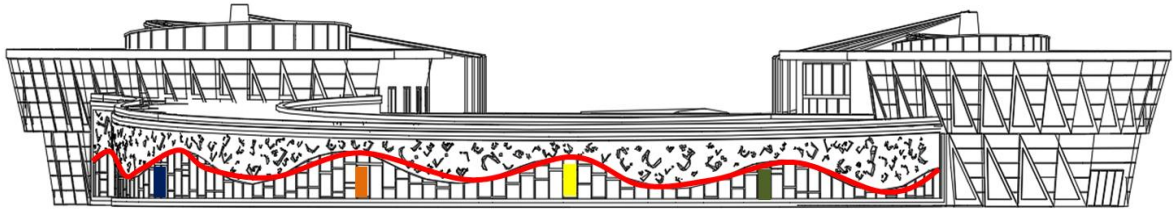


Figure IV-42: Des vues sur la façade Sud.

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.

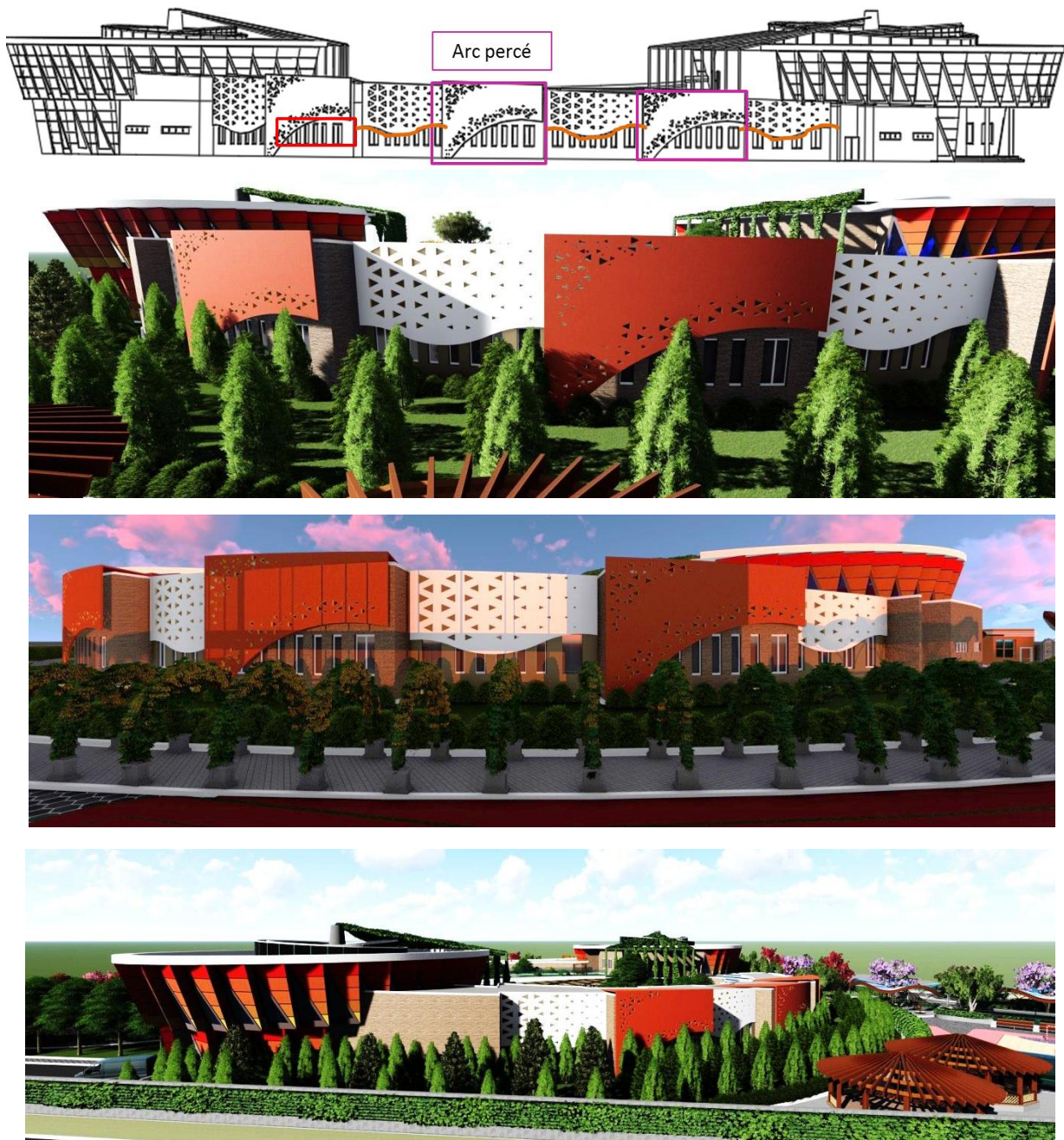


Figure IV-43 : Des vues sur la façade Nord.

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'équilibré l'enveloppe avec une petite entrée.

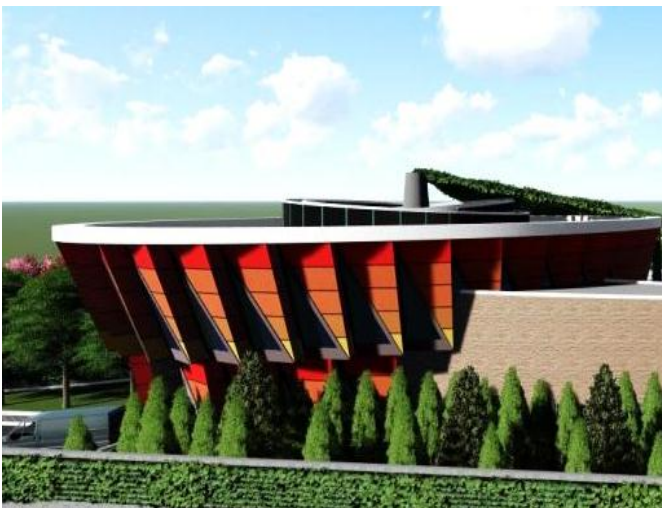
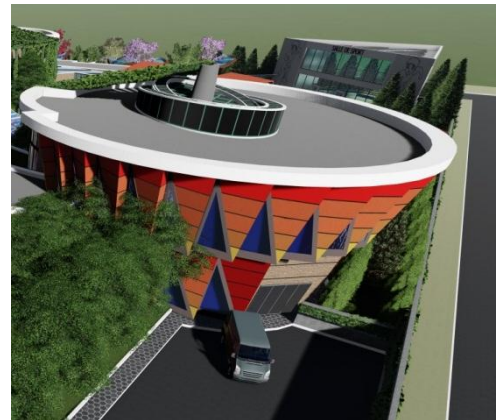
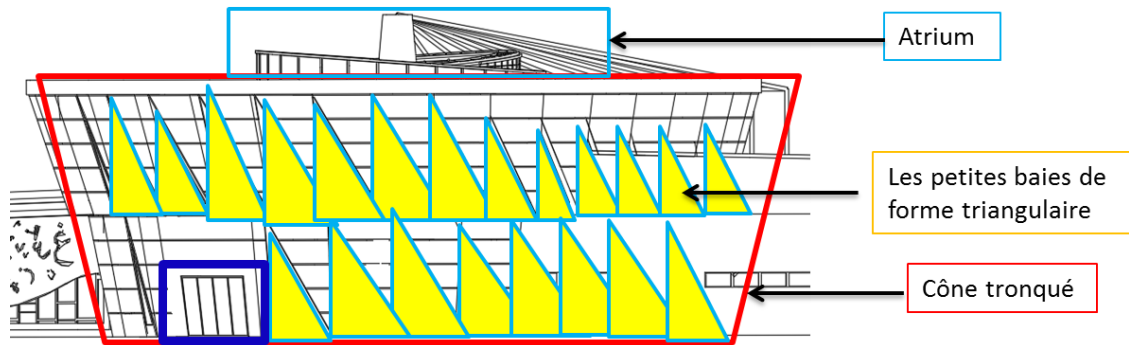


Figure IV-44: Des vues sur façade Est.

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.

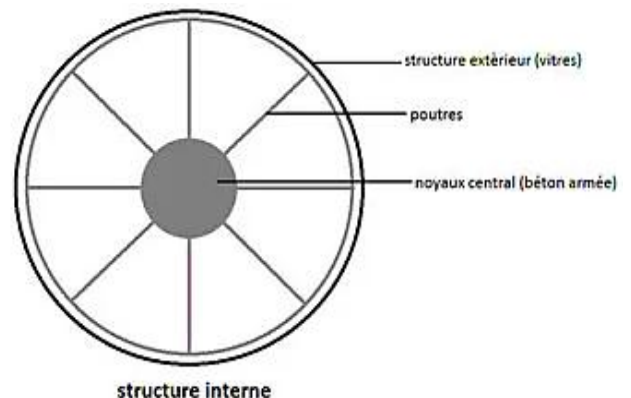


Figure V-2: Structure de noyau centrale.

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.

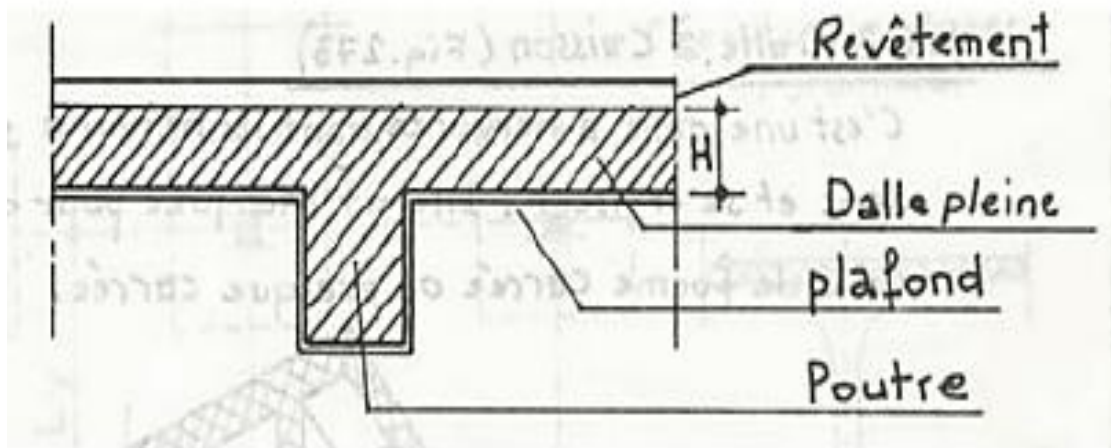


Figure V-3: Détail d'une dalle pleine.

Source : Slidshare.

La dalle est réalisée sur un coffrage jointif recouvrant toute la surface. Le ferrillage 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 :

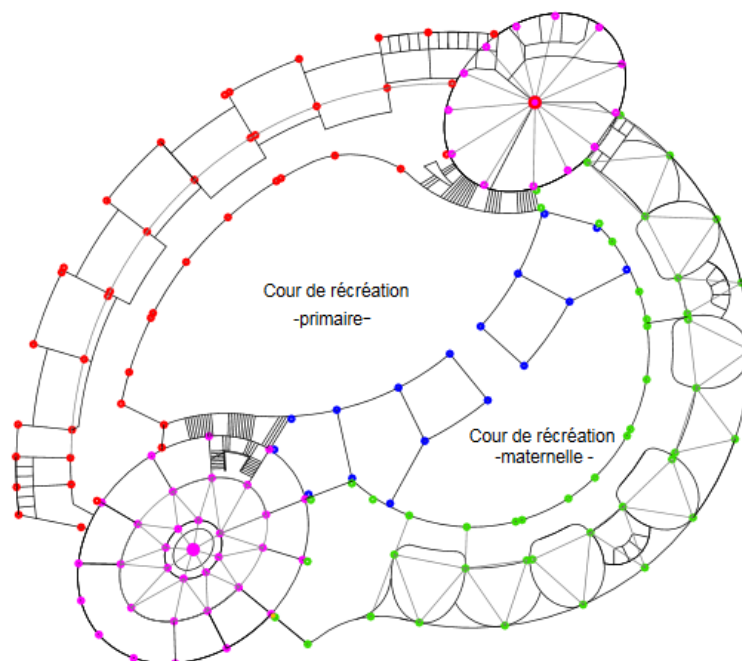


Figure V-4: Plan de structure.

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.

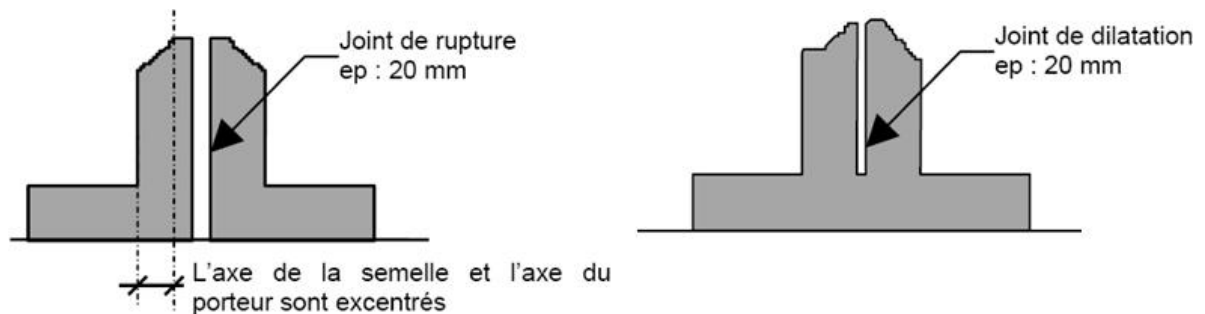


Figure V-5: les joints de dilatation.

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
- ✓

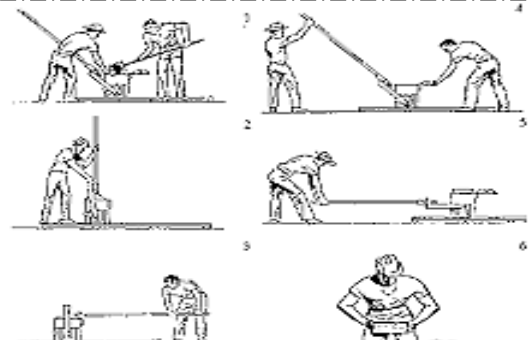


Figure V-7: les étapes de production de BTCS.

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

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.

❖ 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

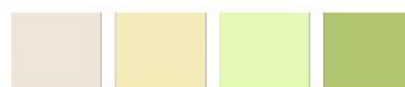


Exemples de coloris secondaires



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.reovermonecole.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.

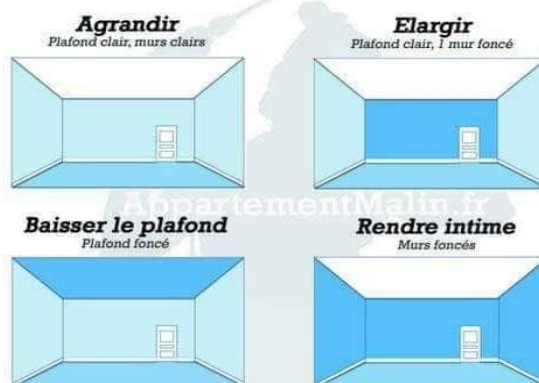


Figure V-13: L'impact des couleurs sur la taille du local.



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

Source : www.renovermonecole.be

Revêtements des sols :

Les revêtements écologiques souples résistants et antidérapants : 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.

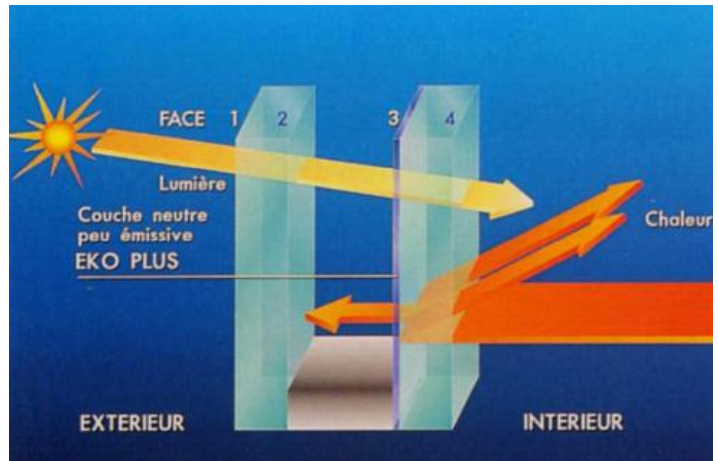


Figure V-16: Double vitrage peu émissif.

Source : Google image.

- Une menuiserie en bois :

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



Figure V-17: Menuiserie en bois.

Source : Google image.

- Un vitrage coloré :

A 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.

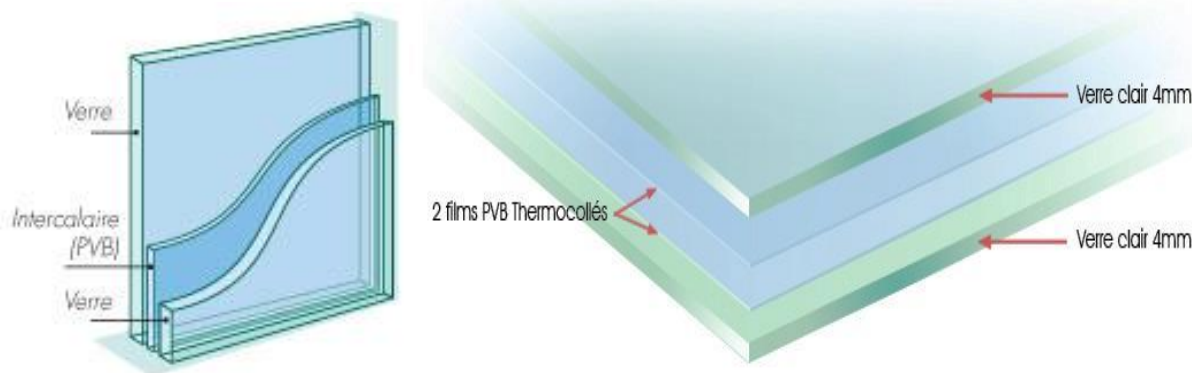


Figure V-19: Vitrage feuilleté de sécurité.

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.

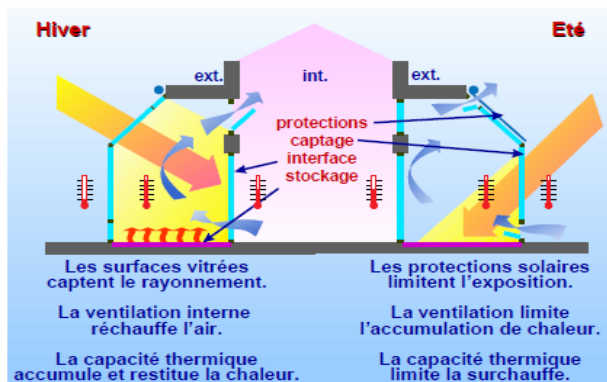


Figure V-20: Fonctionnement de serre.

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

V.2.2. Façade double peau :

Dans le cas de la façade "double peau" vitrée, le mur est remplacé par une seconde paroi vitrée. Le stockage de la chaleur n'est plus assuré que par les dalles de plancher, et l'espace tampon utilisé pour assurer une ventilation naturelle par tirage thermique et un préchauffage de l'air entrant.

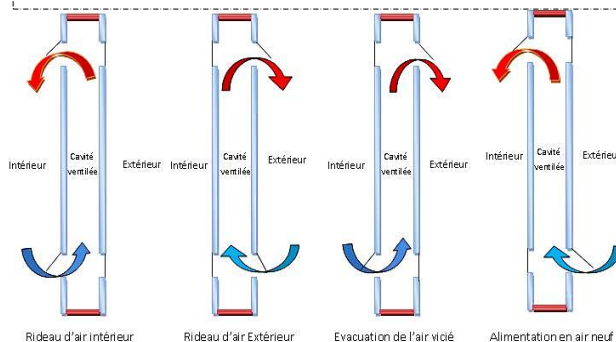


Figure V-21: Fonctionnement de façade double peau.

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 atriums bioclimatiques :

Des petits atriums 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.

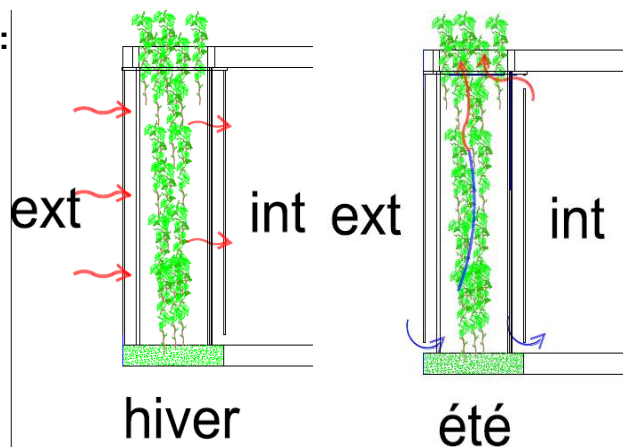


Figure V-22 : Coupe d'un atrium bioclimatique. Source : Auteurs.

V.2.4. Les protections solaires :

On a utilisé moucharabiehs dans la façade sud afin de maximiser la protection des rayons solaires d'uncôté 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 atriums 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.

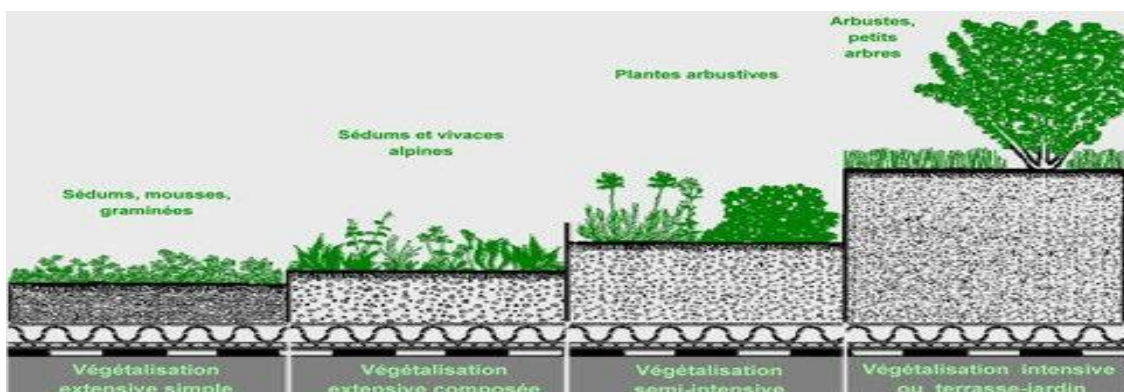


Figure V-24: Les types de toiture végétalisée.

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.

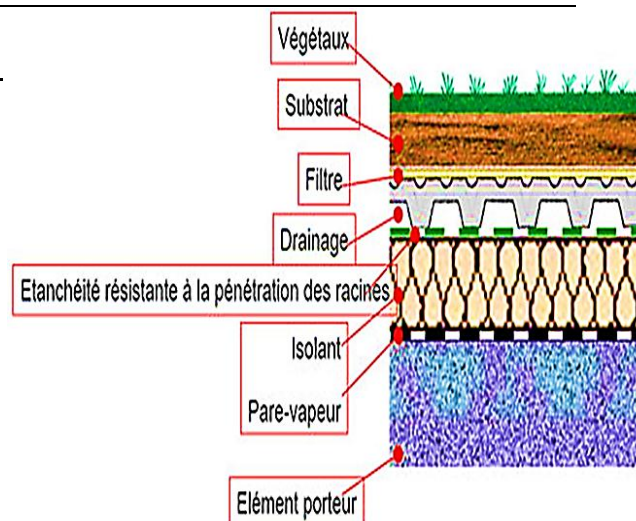


Figure V-25: Les composants d'un toit végétalisé.

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 troéne Le troéne 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 :

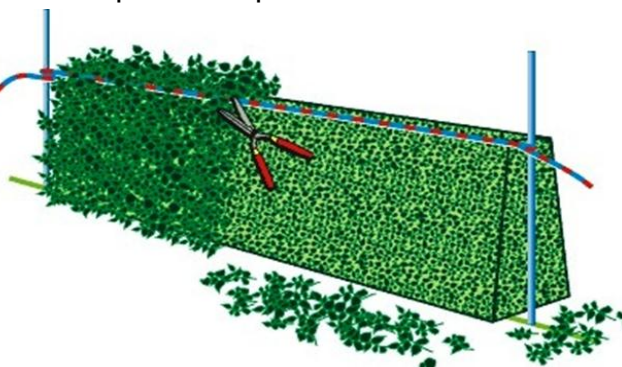
Tour au tour de projet comme une clôture verte pour la séparation entre l'intérieur et l'extérieur.

- ✓ 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.

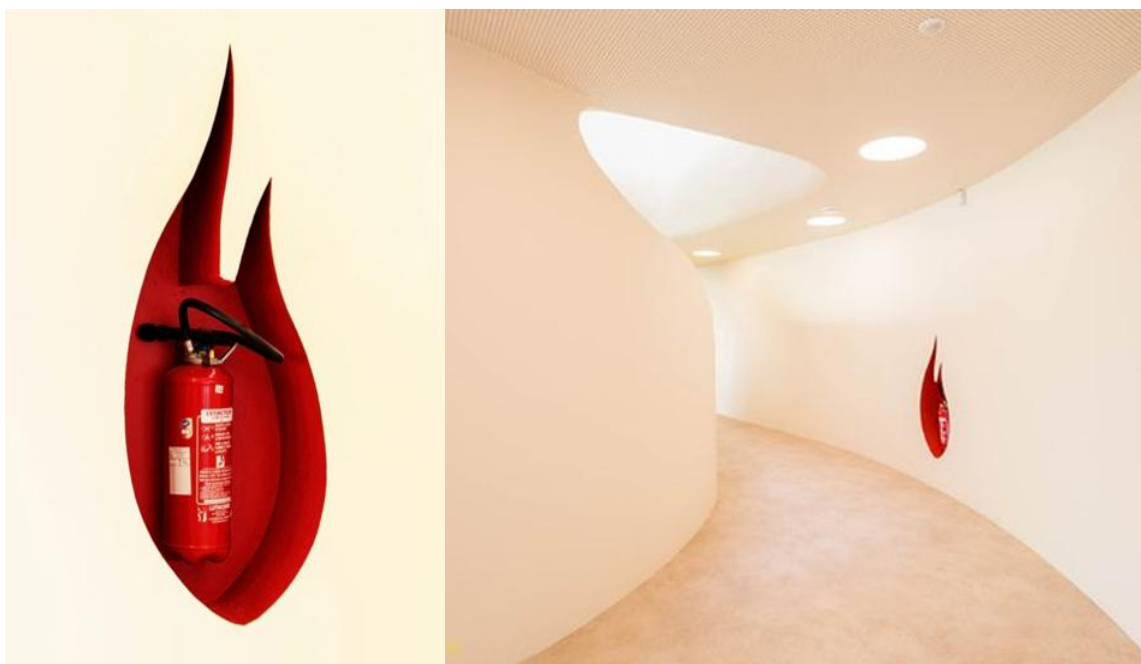


Figure V-27: L'intégration des extincteurs d'incendie.

Source : www.lemoniteur.fr.

Partie simulation :

Evaluation de confort visuel

VI.Introduction :

La lumière du soleil stimule les fonctions cognitives et la concentration. L'introduire dans un bâtiment scolaire ou les élèves passent le plus clair de leur temps - généralement la journée entière- dans une salle de classe permet pour eux de bénéficier de l'influence positive de la lumière naturelle sur les capacités d'apprentissage à travers un environnement visuel confortable.

Pour une salle de classe, il est nécessaire de préciser que le bon éclairage n'est pas simplement une question de quantité suffisante de lumière, mais ne doit pas être cause d'éblouissement et doit venir d'une bonne direction.

D'une manière générale, pour un environnement lumineux adéquat à l'apprentissage, la lumière doit être fournie en quantité suffisante pour aider la perception et améliorer la performance visuelle.

Elle doit également être de bonne qualité, ce qui implique l'uniformité, la direction de la lumière et la continuité spectrale. Toutes ces caractéristiques contribuent à l'amélioration de la performance des tâches et du comportement des écoliers d'une manière directe ou indirecte sans omettre bien sûr la présence d'une ambiance lumineuse confortable et soignée.

Problématique :

L'impact de l'éclairage naturel sur les performances intellectuelles des écoliers a constitué un sujet d'intérêt durant plusieurs décennies.³¹

En vue que La lumière du jour a un effet positif sur notre bien-être physique et mental. Elle peut influencer positivement sur la capacité de concentration, l'efficacité des performances et la capacité d'apprentissage des élèves.

De nombreuses recherches menées sur l'éclairage des locaux d'enseignement, ont confirmé que la présence de la lumière naturelle y est indispensable, particulièrement dans les salles de classe, où des effets très bénéfiques ont été enregistrés sur le comportement des élèves et des enseignants; Une raison de plus, dans le cadre des

³¹ Source : Mémoire de Doctorat : Sunlight problems within new primary school classrooms in Constantine (ALGERIA) - Mme SAFFIDINE DJAMILA

activités d'apprentissage, plus de 60% des informations sont d'origine visuelle³² (Minier, F., 2001).

Toutefois, la présence de la lumière naturelle dans les salles de classe doit impérativement assurer le « confort visuel » de ses occupants, grâce à l'interaction de plusieurs facteurs qui ont des répercussions tant sur le plan physiologique que psychologique des individus.

Ces facteurs quantitatifs et qualitatifs énumérés plus haut, doivent s'inscrire dans des limites fixées par une réglementation spécifique à l'éclairage des salles de classe.

Ces exigences mènent à poser les interrogations suivantes :

- Comment concevoir un éclairage naturel suffisant dans une salle de classe?
- Comment assurer le contrôle et la distribution homogène de lumières naturelle à l'intérieure de la salle de classe?
- Quel est l'effet des systèmes de modélisation de la lumière naturelle sur la qualité et la quantité d'éclairage naturel?

Objectifs :

- L'objectif principal de cette étude est d'évaluer quantitativement et qualitativement, les performances lumineuses du système d'éclairage dans les salles de classe.
- La vérification de l'utilité des systèmes de modélisation de la lumière naturelle et qualité d'éclairage naturel.
- Assurer un éclairage naturel suffisant et contrôlé.

³² Source : Minier, F., (2001). hygiène et sécurité, note d'information. n°20., Académie d'Orléans-Tours.

VI.1. Recherche thématique :

VI.1.1. Définition d'éclairage naturelle :

D'une manière générale, l'éclairage naturel est défini comme étant « l'utilisation de la lumière du jour pour éclairer les tâches à accomplir ». Si le soleil est la source mère de tout type de lumière, techniquement l'éclairage naturel global comprend à la fois l'éclairage produit par le soleil, la voûte céleste et les surfaces environnantes.³³

VI.1.2. Type d'éclairage naturel :

Le type d'éclairage naturel est défini par la position des prises de jour qui le procure et qui peuvent être placées soit en façade (éclairage latéral), soit en toiture (éclairage zénithal).

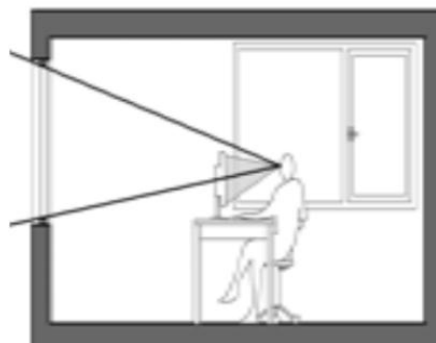


Figure VI-1: éclairage multi latéral.

Source :

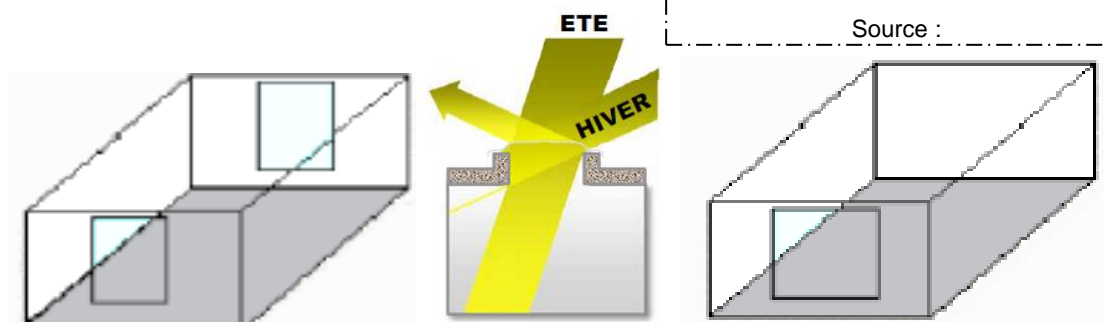


Figure VI-2: Les types d'éclairage naturel.

Source :

VI.1.2.1 Eclairage latéral:

L'éclairage latéral caractérisé par l'usage de prises de jour en façade est associé, aux locaux de faible hauteur sous plafond : de 2,50 mètres à 3 mètres. Ce système optique est l'un des moins performants du point de vue éclairage par la lumière du jour, en particulier dans les cas où il y a un masque extérieur. C'est pourtant l'un des plus utilisés, notamment dans les constructions scolaires, pour des raisons pratiques mais aussi parce qu'il permet la vue vers l'extérieur.

³³ Source : (MUDRI, L., 2002).

1. Type d'éclairage latéral :

1.(a). Eclairage unilatéral :

Il s'agit d'un éclairage fourni par une ou plusieurs ouvertures verticales disposées sur une seule façade d'une orientation donnée. Cette disposition permet de réaliser ce type peut produire des effets négatifs tels que : l'éblouissement, contraste surtout dans les espaces profonds. Des effets de relief et des harmonies de contrastes.

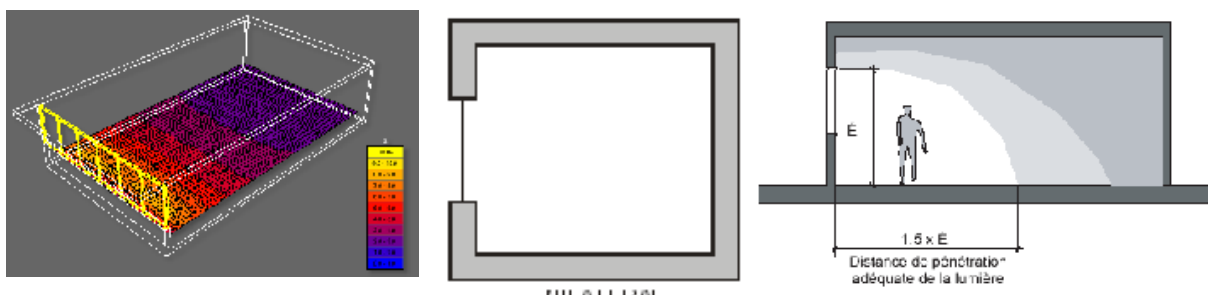


Figure VI-3: Performances lumineuses d'un dispositif éclairage unilatéral.

Source : [www.squ1.com]

Figure VI-4: pénétration approximative d'éclairage naturelle.

Source : K. ROBERTSON, 2003

1.(b). Eclairage bilatéral:

L'éclairage bilatéral consiste à avoir des ouvertures verticales sur deux murs, soit parallèles, soit perpendiculaires, d'un même local.

Cette solution remédie au défaut majeur que pose l'éclairage unilatéral. En effet, selon A. VANDENPLAS41, la profondeur des pièces éclairées par un dispositif bilatéral peut atteindre facilement quatre fois la distance entre le plafond et le plan utile. Ce qui permet d'éclairer efficacement un local de dimensions plus importantes que celles permises par un éclairage unilatéral. En plus, il procure un éclairage plus uniforme et réduit les contrastes ainsi que les risques d'éblouissement.

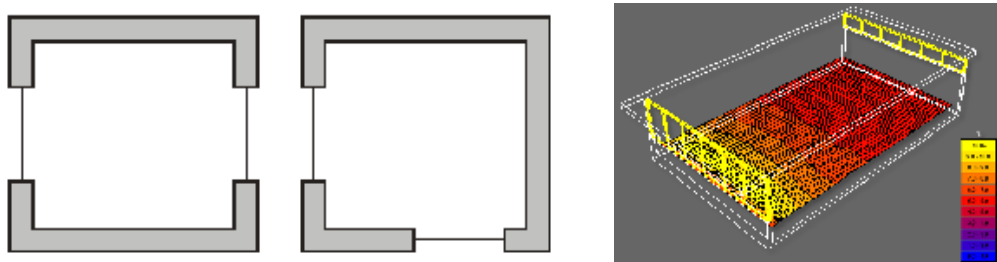


Figure VI-5: Performances lumineuses dispositif d'éclairage bilatéral.

Source : [www.squ1.com]

VI.1.3. Confort visuel dans les salles de classe :

VI.1.3.1 Définition du « confort visuel » :

Le confort visuel est une impression subjective liée à la quantité, à la distribution et à la qualité de la lumière. L'étude de la distribution de la lumière naturelle du point de vue du confort visuel consiste à trouver un éclairage ni excessif ni trop faible, qui permette une bonne perception des objets et des couleurs dans une ambiance agréable.³⁴

VI.1.3.2 Paramètres du confort visuel dans les salles de classe :

Dans les espaces scolaires où la lecture et l'écriture sont les deux tâches visuelles principales, les paramètres du confort visuel les plus importants qui affectent une solution de conception architecturale dans les salles de classe sont :

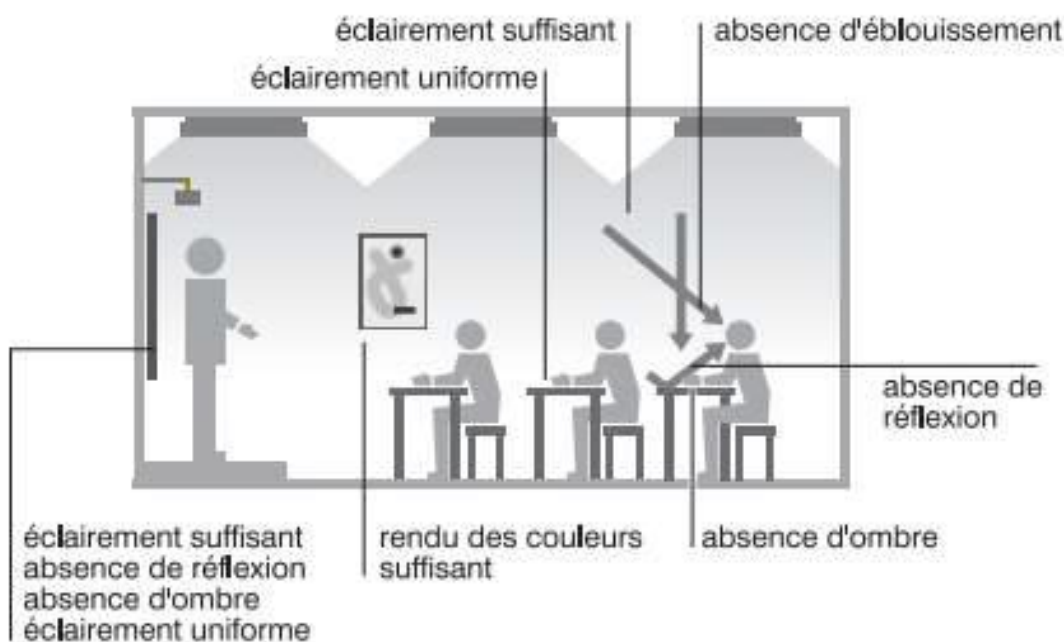


Figure VI-6: Les paramètres de confort visuel.

Source : Bénédicte, Collard. Fabrice. Dery., 2011

1. Niveau d'éclairage lumineux :

Les locaux d'enseignement, plus particulièrement les salles de classe, doivent bénéficier d'un niveau d'éclairage lumineux adéquat pour l'exécution des différentes tâches visuelles qui s'y accomplissent. Il permettra une bonne vision des tâches visuelles et facilitera l'accommodation rapide de l'œil pour passer de l'une à l'autre.

³⁴ Source : Architecture et Climat - Place du Levant, 1-1348 Louvain-La-Neuve.

2. Uniformité de l'éclairage : ³⁵

La répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairage (exprimée par l'indice d'uniformité lu) est définie comme étant « le rapport entre l'éclairage minimum (E_{min}) et l'éclairage moyen (E_{moy}) observé dans la zone de travail ».

$$lu = E_{min} / E_{moy}$$

3. Les ombres gênantes :

En fonction de sa direction, la lumière peut provoquer l'apparition d'ombres marquées, qui risquent de perturber l'exécution des tâches visuelles. Ce risque survient dans

deux cas:

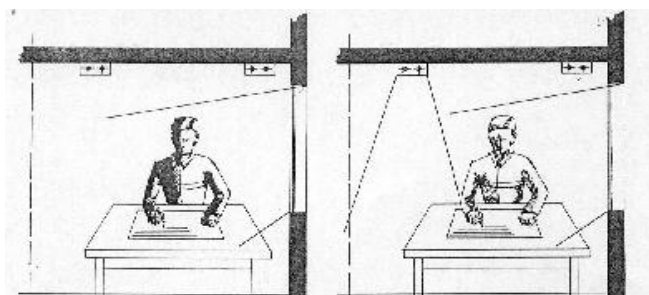


Figure VI-7: Usage un éclairage mixte pour réduire l'ombre.

Source : AFE, 1987.

- Lorsque la lumière provient du côté droit pour les droitiers ou du côté gauche pour les gauchers.
- Lorsque la lumière est dirigée dans le dos des occupants.

4. Eblouissement :

L'éblouissement correspond aux à conditions de vision dans lesquelles on éprouve une gêne ou une réduction de l'aptitude à distinguer de petite objets par suite d'une répartition défavorables des luminances ou d'un contraste excessif, C'est- à-dire le passage rapide d'un lieu obscur à un endroit fortement éclairé ou bien la perception d'une source lumineuse particulièrement intense sur un tende sombre.³⁶

Suivant l'origine de l'éblouissement, nous pouvons distinguer : l'éblouissement direct et l'éblouissement indirect :

- L'éblouissement direct est produit par un objet lumineux (lampe, fenêtre, ...) situé dans la même direction que l'objet regardé ou dans une direction voisine.
- L'éblouissement indirect est produit par des réflexions de sources lumineuses sur des surfaces brillantes (écrans d'ordinateur, plan de travail, tableau ...).

³⁵ Source : la Norme Européenne EN 12464-1.

³⁶ Source : (AFE : Association Française de l'Eclairage.).

VI.1.3.3 Les paramètres d'influencer au l'éclairage naturel :³⁷

1. Allège – Contrecœur :

La partie basse des ouvertures ne contribue pas à l'éclairage des plans de travail tout en augmentant les échanges thermiques.

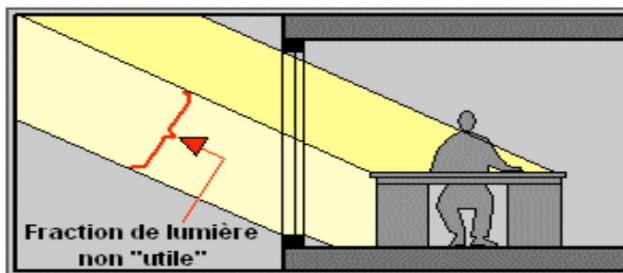


Figure VI-8: Allège.

Source : <https://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENT>

2. Linteau :

Il faut aller chercher la lumière naturelle «vers le haut» en réduisant la retombée du linteau. Plus l'angle de vision du ciel est important, plus la contribution de la lumière naturelle qui sera élevée dans fond de local.

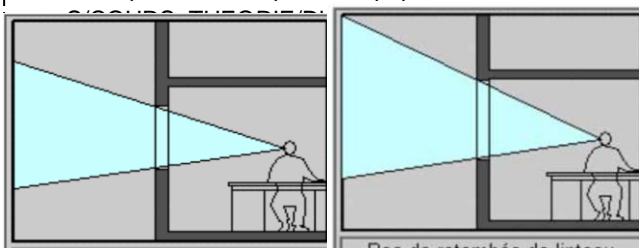


Figure VI-9: Linteau et son rôle sur l'éclairage.

Source : https://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS_THEORIE/Dispositifs_Eclairage.pdf

3. Position de l'ouverture :

L'emplacement de l'ouverture dans la façade exerce une grande influence sur la pénétration de la lumière dans le local.

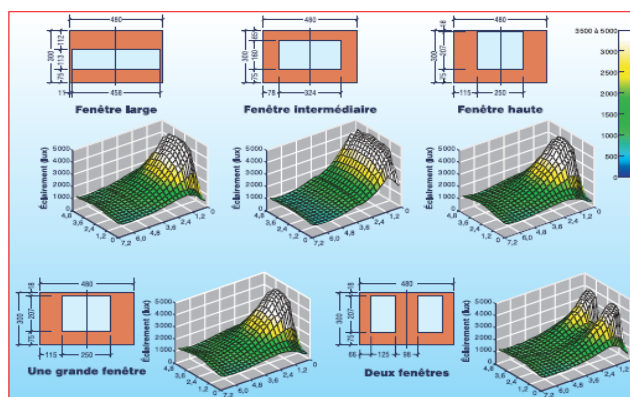


Figure VI-10: Disposition des ouvertures.

Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

Plus la fenêtre est élevée, plus le fond du local est éclairé.

4. Forme de l'ouverture :

Lorsque la largeur d'une fenêtre diminue, à surface vitrée identique, la répartition devient moins uniforme.

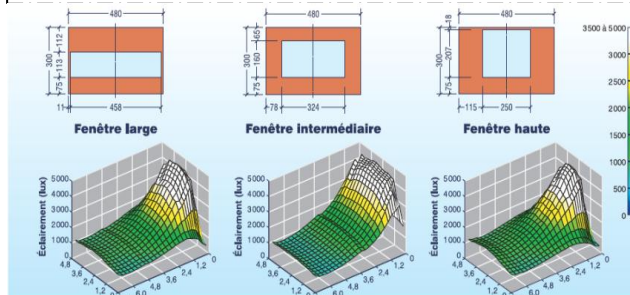


Figure VI-11: Forme des ouvertures.

Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

³⁷ Source : livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; André la Herde ; p267.

VI.1.3.4 Les systèmes de modélisation de la lumière naturelle :

Les systèmes de modélisation de l'éclairage naturel sont conçus pour régler les problèmes de la répartition inégale de la lumière naturelle dans un espace en réduisant les niveaux excessifs de clarté près des fenêtres et en les augmentant dans les zones qui en sont éloignées, donnant ainsi naissance à une lumière plus équilibrée et une distribution harmonieuse dans l'espace.³⁸

Parmi ces systèmes on distingue :

Système de puits de lumière - Les plafonds anidoliques -Les étagères de lumière (light shelf) -Les conduits de lumière (light pipe)- Les vitrages spéciaux -Les stores réfléchissants (les persiennes) -Système light shelf.

1. Les stores réfléchissants (les persiennes):³⁹

Les stores réfléchissants actuels ou les persiennes ont une double fonction : la première est de réduire l'effet de l'éblouissement causé par la fenêtre qui provient de la pénétration directe du rayonnement solaire dans un espace, la deuxième, consiste à rediriger la lumière naturelle vers le fond du local, augmentant ainsi le niveau de la lumière du jour, ce qui permet d'obtenir une répartition uniforme de la lumière sur toute la surface de l'espace. Comme le système light shelf, le système lamelle fonctionne de façon optimale dans des conditions de ciel clair avec soleil.

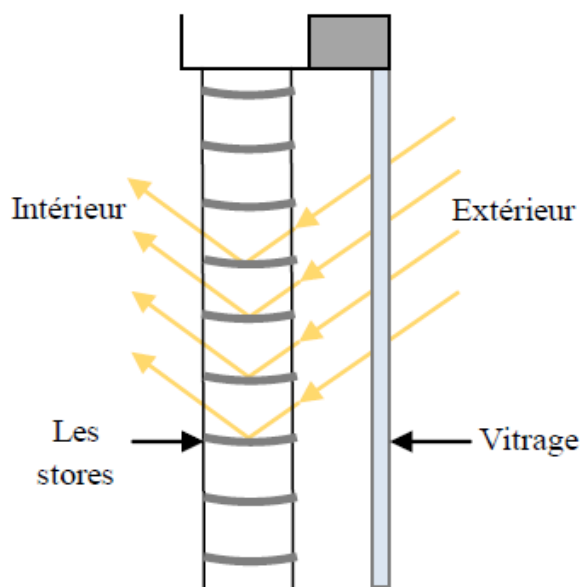


Figure VI-12 : Les stores réfléchissants.

Source : Auteurs.

Les persiennes peuvent être conçues pour être statiques ou dynamiques. Dans le dernier cas, elles sont contrôlées automatiquement de manière qu'elles puissent suivre le mouvement du soleil. Sur une fréquence quotidienne et saisonnière, les persiennes automatiques donnent généralement de meilleurs résultats que ceux

³⁸ Source : [www.http://thesis.univ-biskra.dz](http://thesis.univ-biskra.dz) (Page consultée le 16 mai 2019).

³⁹ Source : [www.http://thesis.univ-biskra.dz](http://thesis.univ-biskra.dz) (Page consultée le 16 mai 2019).

statiques, mais nécessitent une calibration et des algorithmes qui ont besoin d'ajustement en fonction des besoins de l'éclairage du bâtiment.

SUD	Eté		Hiver	
Matin	Store Baissé, Lames horizontales		Store relevé	
Midi	Store Baissé, Lames horizontales		Store Relevé	
Soir	Store Baissé, Lames inclinées pour circulation d'air pendant la nuit (rafraîchissement passif)		Store baissé, Lames fermées pour réduire les pertes thermiques par rayonnement	

Figure VI-13: Exemple de scénario d'automatisation pour une orientation Sud.

Source : https://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS_THEORIE/Dispositifs_Eclairage.pdf

2. Système light shelf:

Un light shelf est un auvent dont la surface supérieure est réfléchissante qui se situe au niveau de la fenêtre, utilisé aussi bien pour canaliser passivement l'éclairage naturel dans un espace et pour fournir de l'ombre. La lumière du soleil est réfléchiée par la surface supérieure du light shelf vers l'intérieur de local et en particulier vers le plafond qui fournit une lumière diffuse supplémentaire qui donne un éclairage uniforme et permet également la pénétration de la lumière profondément, ce qui réduit le besoin d'éclairage artificiel.

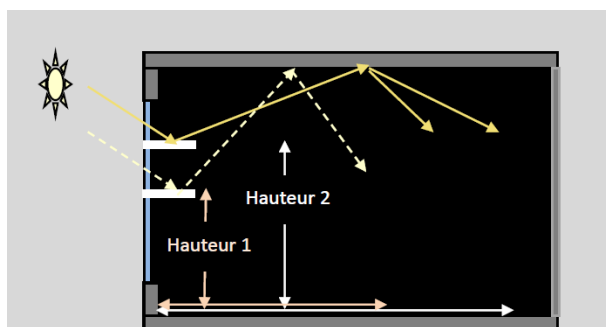


Figure VI-15: Les hauteurs des lights shelf.

Source : thesis.univ-biskra.dz/1126/5/CHAPITRE%20III.pdf

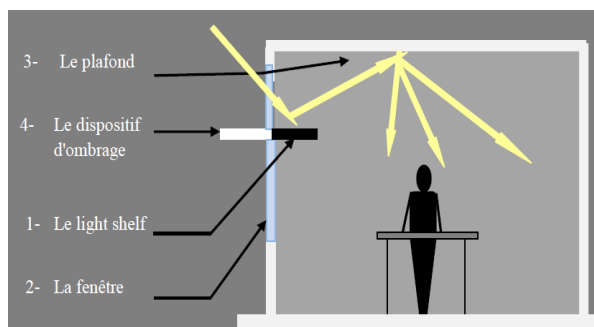


Figure VI-14: Le système light shelf.

Source : thesis.univ-biskra.dz/1126/5/CHAPITRE%20III.pdf

2.(a). Les différents types de système light shelf existants :

Il existe plusieurs types de light shelf qui sont classés suivant différents paramètres : selon son inclinaison, sa position à l'intérieur et/ou à l'extérieur de la fenêtre, sa forme (droite ou incurvée) comme on peut avoir un light shelf combiné.

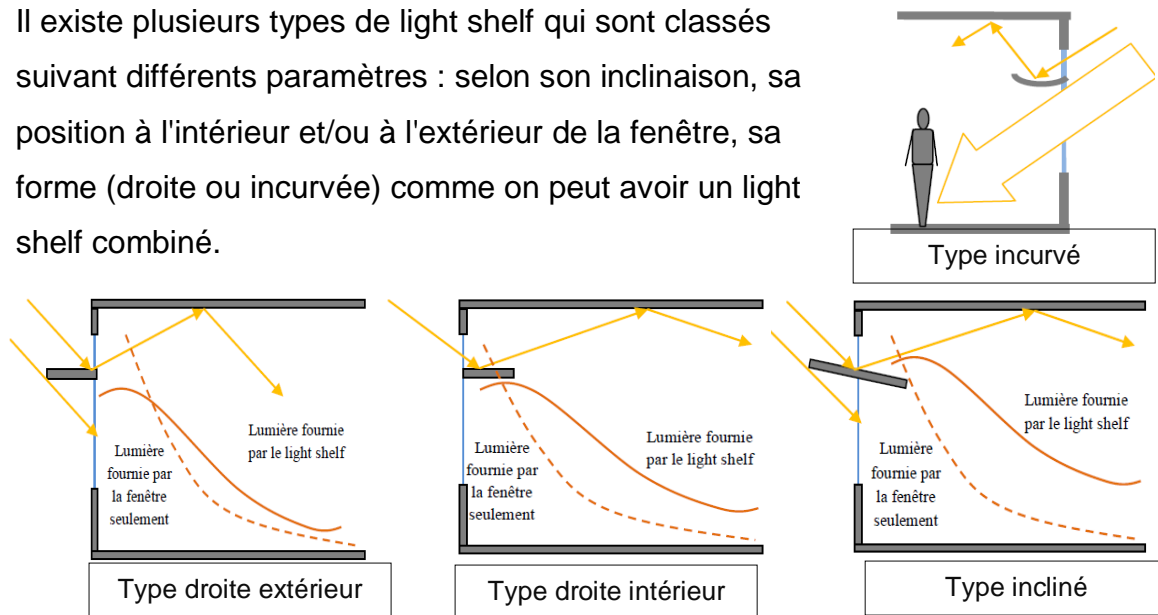
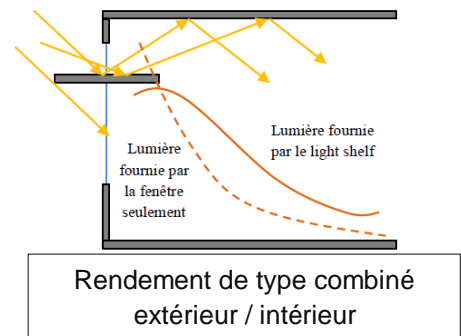


Figure VI-16: les types des lights shelves.

Source : [www.http://thesis.univ-biskra.dz](http://thesis.univ-biskra.dz) (Page consultée le 16 mai 2019)

2.(b). Les light shelves type: combiné

Selon la latitude et le climat de la région, de multitudes configurations de light shelf sont produites. Le light shelf combiné doit assurer à la fois la distribution lumineuse la plus uniforme dans le local et la plus profonde ainsi qu'une meilleure protection contre le rayonnement solaire direct surtout pendant les saisons chaudes.⁴⁰



Rendement de type combiné extérieur / intérieur

Les schémas ci-dessous montrent quelques configurations de light shelf combiné:

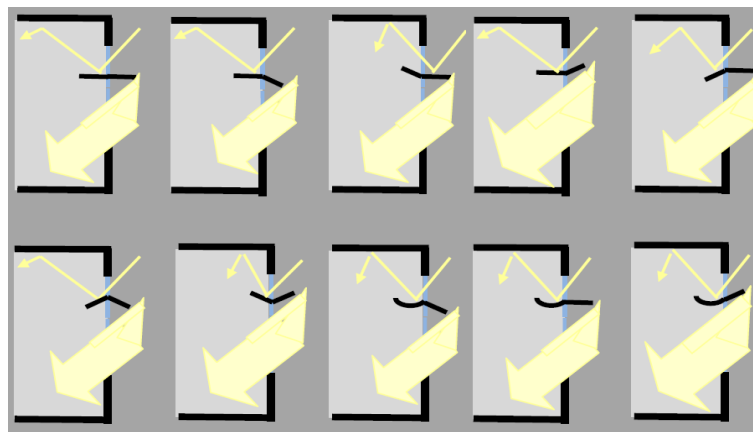


Figure VI-17: Lights shelves combinés.

⁴⁰ Source : [www.http://thesis.univ-biskra.dz](http://thesis.univ-biskra.dz) (Page consultée le 16 mai 2019).

VI.2. Évaluation numérique de simulation :

VI.2.1. Présentation Sur Les Logiciels :

Afin d'atteindre des résultats précis ; nous avons eu recours à deux logiciels :

Logiciel Ecotect : Ecotect est un outil complet de conception depuis la phase d'avant-projet jusqu'à Celle de détail. Ecotect Analaysais offre une large gamme d'application (thermique, Acoustique, ensoleillement et éclairage). (Anon., s.d.)

Logiciel Radiance : Radiance est un programme pour l'analyse et la visualisation de l'éclairage dans la conception, le fichiers d'entrée spécifient les conditions géométrie de la scène, Matériaux, luminaires, heure, la date et le ciel (pour les calculs de la lumière du jour). (Anon., s.d.)

VI.2.2. Présentation de cas d'étude :

L'entité principale de notre projet est l'entité pédagogique pour cela on a choisi la salle de classe n°4 comme cas d'étude.

VI.2.3. Fiche technique de l'espace :

- Surface : 62 m²
- La hauteur de plafond : 3.5 m
- Orientation: Nord -Sud.
- Nombre d'occupants : 31

- L'aménagement intérieur : La classe est répartie en 3 rangées de 5 tables pour deux élèves •

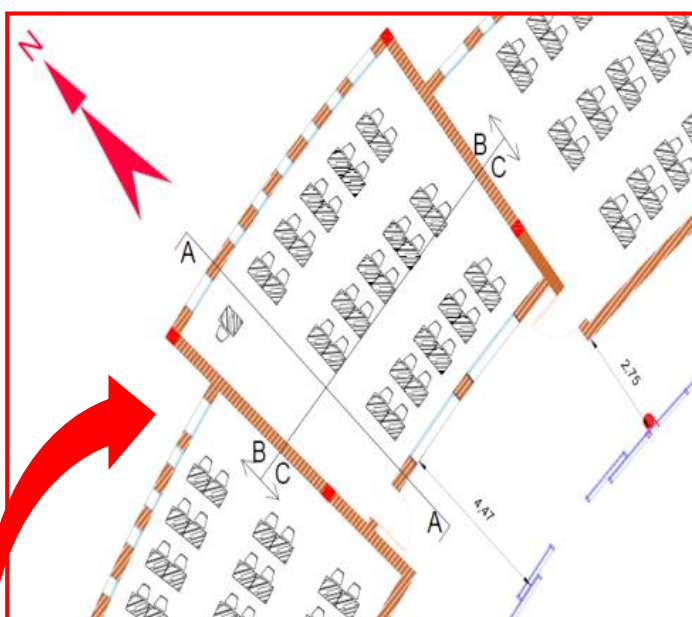


Figure VI-18 : Cas d'étude salle de classe.

Source : Auteurs.



Figure VI-19: Positionnement de cas d'étude.

Source : Auteurs.

❖ Des schémas explicatifs :

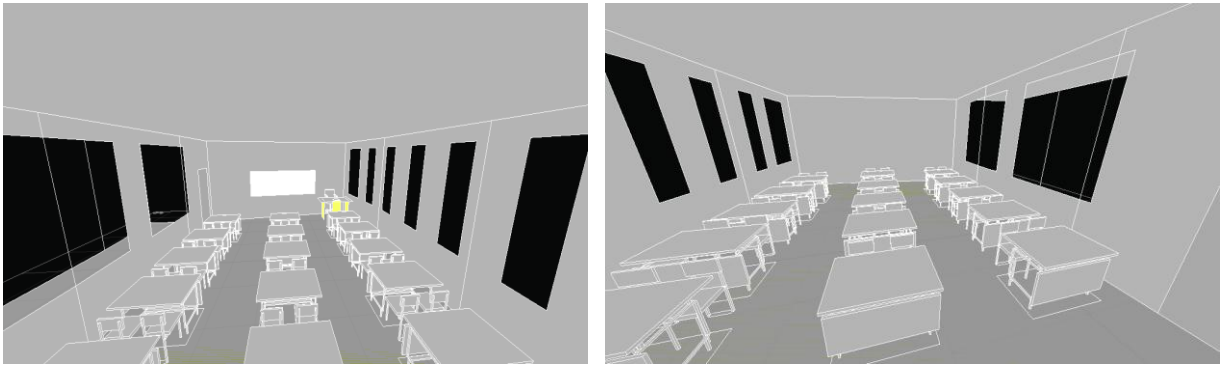


Figure VI-23: Des vues intérieurs sur la salle de classe.

Source : Auteurs.

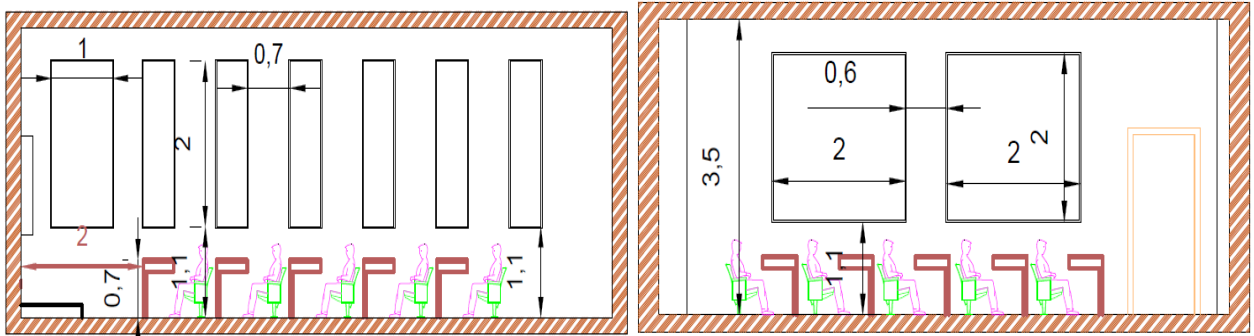


Figure VI-22 Des coupes longitudinales.

Source : Auteurs.

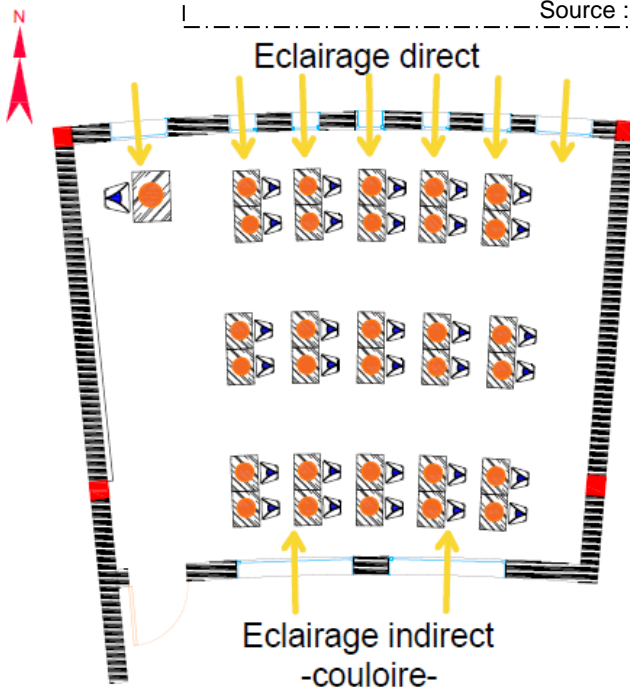


Figure VI-20 : salle de classe.

Source : Auteurs.

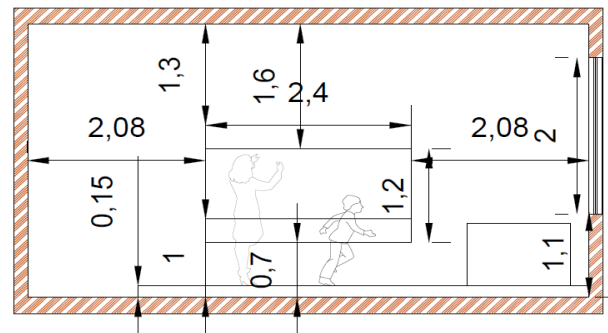





Figure VI-21 : Coupe transversale.

Source : Auteurs.

-  observateur
-  tache visuelle
-  source de lumière

Avant de commencer la simulation en doit tout d'abord vérifié les normes recommandées comme suivants :

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)		Eclairage Vertical (Lux)	
	E_{MOY} (Lux)	Indice d'uniformité	E_{MOY} (Lux)	Indice d'uniformité
	500	0.5	600	0.8

Tableau VI-1: Les normes recommandées d'éclairage dans les salles de classe.

Source :(Association Promotelec.2002). Label : éclairage salles de classe. Paris : Promotelec, 2002.

VI.2.4.Les paramètres de simulation :

Les paramètres fixes	Les paramètres variables
Orientation nord - sud Dimension d'espace	Le nombre et la disposition et dimension des ouvertures

Tableau VI-2: les paramètres de simulation.

Source : Auteurs.

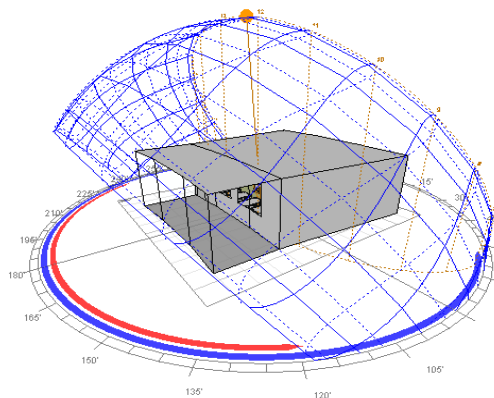


Figure VI-24: cas été.

Source : Auteurs.

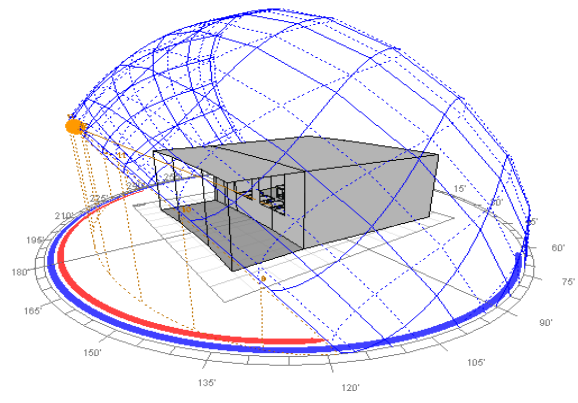
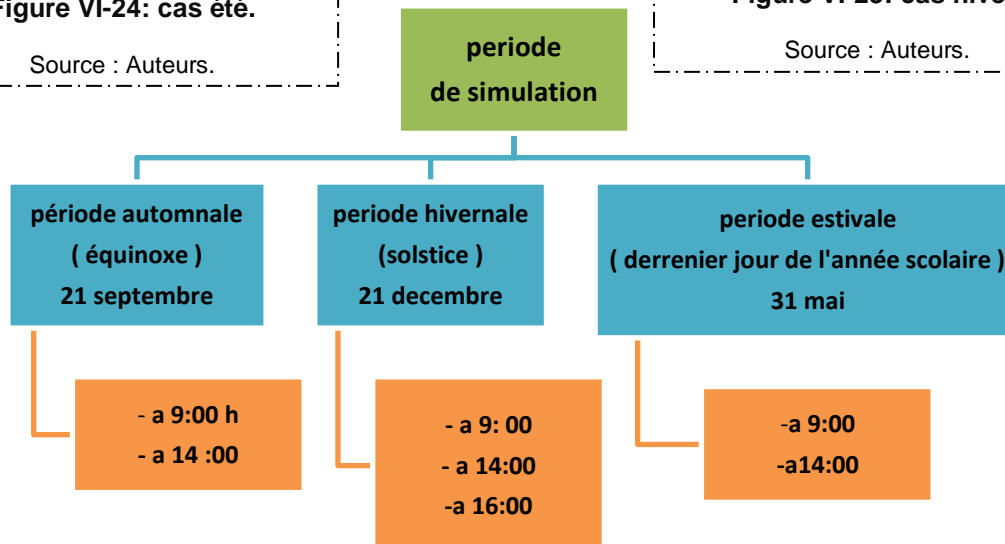


Figure VI-25: cas hiver.

Source : Auteurs.



VI.2.5. Les périodes de simulation :

VI.2.5.1 La période automnale : 21 Septembre

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 septembre	9:00	109.8°	28.7°



Figure VI-26: Vue intérieur à 9:00h

Source : Auteurs.

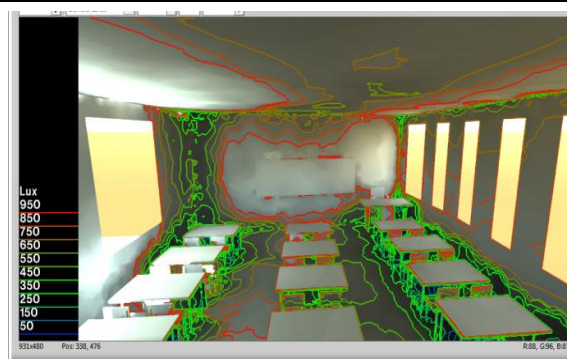


Figure VI-27: Niveau d'éclairage en contour rouge.

Les résultats de la simulation indiquent que : le niveau d'éclairage intérieur atteinte des valeurs qui sont variées entre 2000 lux et 990 lux.

On observe aussi la présence d'une tâche solaire sur les tables de la rangée sud, due à la pénétration du soleil à travers le corridor. La présence d'une tâche éblouissante au niveau du mur frontal au même niveau du tableau (qui gêne la vision vers le tableau, contraste).

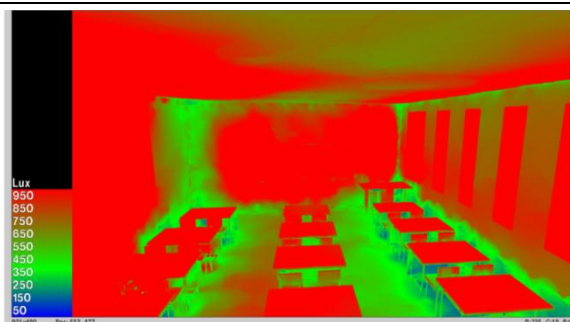


Figure VI-28: Niveau d'éclairage en fausse couleur.

Source : Auteurs.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	Indice d'uniformité	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	Indice d'uniformité
	990	1495	2000	0.6	900	1150	1400	0.7
Commentaire	En remarque que : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Problème d'uniformité au niveau du plan de travail. ✓ La quantité de lumière excessive au niveau des tables de la rangée sud. ✓ L'existence d'éblouissement 				En remarque que : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée ✓ Présence d'éblouissement. 			

Tableau VI-3: Les résultats de cas initial (21 septembre à 9:00h).

Source : Auteurs.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 septembre	14:00	146.8°	52.8°



Figure VI-29: Vue intérieure à 14:00h.
Source : Auteurs.

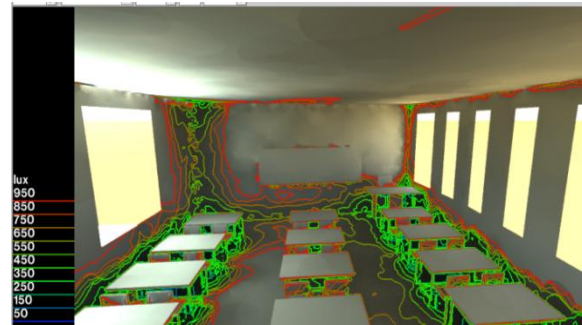


Figure VI-30: Niveau d'éclairage en contour ligne.

L'après-midi, les valeurs d'éclairage affichent des augmentations dues à la pénétration directe des rayons solaires. Les valeurs d'éclairage sont variées entre 1100 lux et 3000 lux
La présence des tâches lumineuses éblouissantes au niveau de la rangée à côté du mur Sud

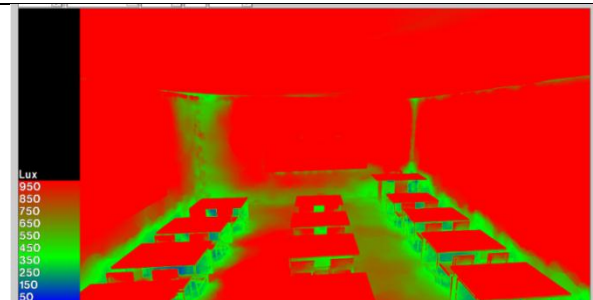


Figure VI-31: Niveau d'éclairage en false couleur.
Source : Auteurs.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	1100	2050	3000	0.53	1200	1250	1300	0.96
Commentaire	En remarque que : ✓ Les valeurs d'éclairage moyen obtenues sont des valeurs supérieures à la norme recommandée				En remarque que : ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée ✓ Présence d'éblouissement.			

Tableau VI-4: Les résultats de cas initial (21 septembre à 14:00h).

Source : Auteurs.

VI.2.5.2 Période hivernale : 21 décembre.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 décembre	9:00	128.4°	11.4°



Figure VI-32: Vue intérieure à 9:00h.
Source : Auteurs.

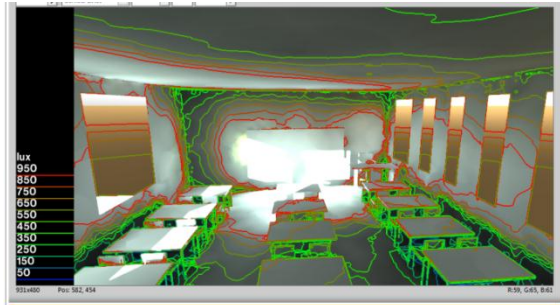


Figure VI-33: Niveau d'éclairement en contour ligne.
Source : Auteurs.

La présence des tâches solaires au niveau du tableau et la 1ère rangée près des fenêtres (sud) due à la pénétration directe des rayons solaires.
Généralement la validation numérique des Conditions d'éclairement intérieur indique des valeurs d'éclairement qui sont variées entre : 700 Lux et 6000 lux.

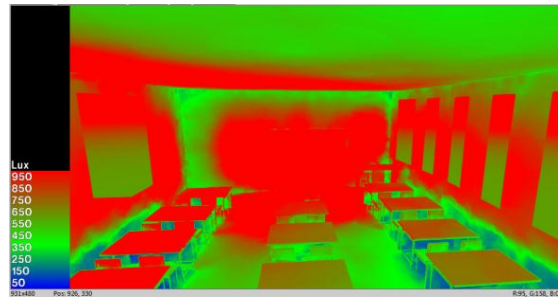


Figure VI-34: Niveau d'éclairement en false couleur.
Source : Auteurs.

Eclairement (Lux)	Eclairement Horizontal (Lux)				Eclairement Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	700	3350	6000	0.20	1400	2650	3900	0.52
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Problème d'uniformité de la répartition de la lumière au niveau du plan de travail. ✓ Eclairement horizontal excessif et problème d'éblouissement ✓ Les valeurs de l'éclairement moyen obtenues sont des valeurs supérieures à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Problème d'uniformité de la répartition de lumière au niveau du tableau. ✓ Les valeurs de l'éclairement moyen obtenues sont supérieures à la norme recommandée. ✓ Risque d'éblouissement sur le tableau 			

Tableau VI-5: Les résultats cas initial (21 décembre à 9:00h).

Source : Auteurs.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 décembre	14:00	-160.7°	30.5°



Figure VI-35: Vue intérieure à 14:00h.
Source : Auteurs.

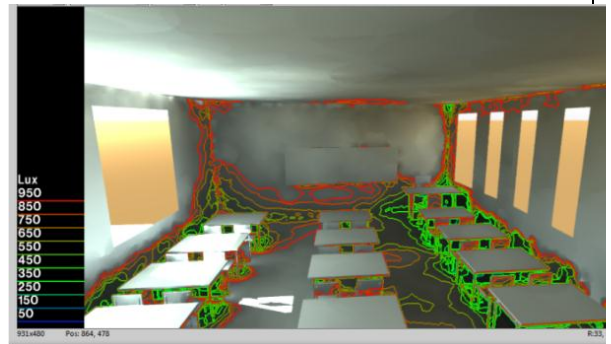


Figure VI-36: Niveau d'éclaircement en contour ligne.
Source : auteurs.

Une pénétration des rayons solaires à l'intérieur de la classe ce qui augmente le niveau d'éclaircement, il est varié entre : 830 et 34000 lux

La présence des tâches solaires sur la rangée sud (près des fenêtres mur sud)

Un risque d'éblouissement perturbe la vision et crée des nuisances visuelles.

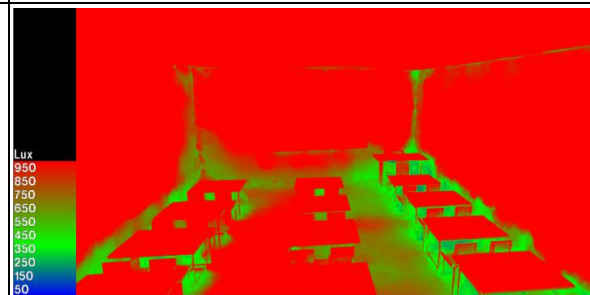


Figure VI-37: Niveau d'éclaircement en false couleur.

Source : Auteurs.

Eclaircement (Lux)	Eclaircement Horizontal (Lux)				Eclaircement Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	830	17415	34000	0.04	1200	1300	1400	0.92
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le niveau d'éclaircement moyen enregistré est supérieur à la norme recommandée. ✓ Problème d'uniformité d'éclaircement ✓ Risque d'éblouissement 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Le niveau d'éclaircement moyen enregistré est supérieur à la norme recommandée. ✓ Présence d'éclaircement verticale excessif et risque d'éblouissement. 			

Tableau VI-6: Les résultats cas initial (21 décembre à 14:00h).

Source : Auteurs.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 décembre	16:00	-129.2°	12.2°



Figure VI-38: Vue intérieure à 16:00h.
Source : Auteurs.

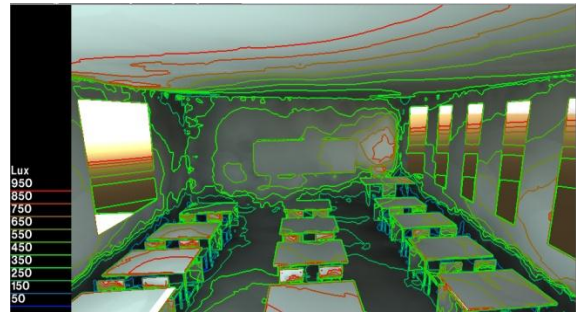


Figure VI-39: Niveau d'éclairé en contour ligne.

La présence d'un environnement lumineux suffisamment éclairé.
la validation numérique des conditions d'éclairé intérieur indique des valeurs d'éclairé qui sont variées entre : 300 et 700 lux.

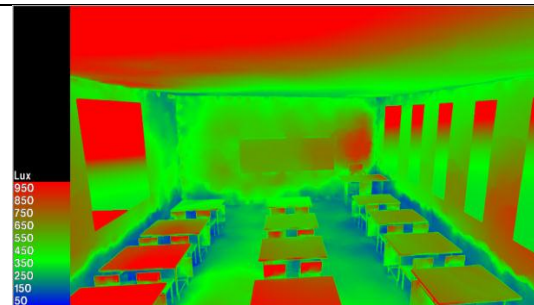


Figure VI-40: Niveau d'éclairé en fause couleur.
Source : Auteurs.

Eclairé (Lux)	Eclairé Horizontal (Lux)				Eclairé Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	300	500	700	0.6	600	650	700	0.92
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ l'indice d'informité est supérieur à la norme recommandée. ✓ Les valeurs de l'éclairé moyen obtenu sont à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ l'indice d'informité est supérieur à la norme recommandée. ✓ Les valeurs de l'éclairé moyen obtenu sont à la norme recommandée. 			

Tableau VI-7: Les résultats cas initial (21 décembre à 16:00h).

Source : Auteurs.

VI.2.5.3 Période estivale : 31 Mai.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
31 mai	9:00	87.9°	39.0°



Figure VI-42: Vue intérieur à 9:00h.
Source : Auteurs.

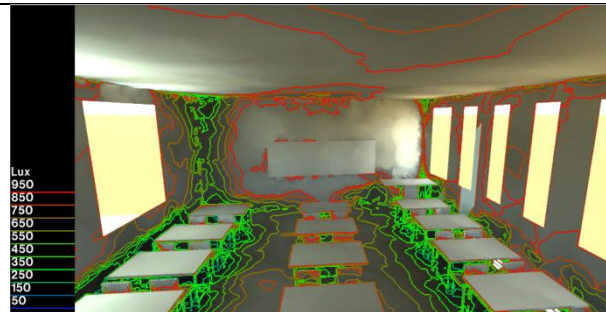


Figure VI-43: Niveau d'éclairage en contour ligne.
Source : Auteurs.

Présence de la tâche lumineuse au niveau de la rangée Sud.
Les valeurs d'éclairage enregistrent des augmentations (964 lux et 1525 lux) dues à la pénétration des rayons solaires à l'intérieur de la classe.
Risque d'éblouissement au niveau du mur du tableau.

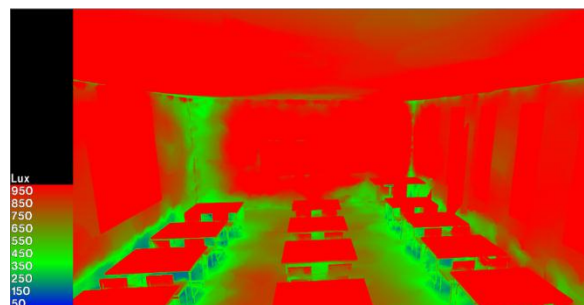


Figure VI-44: Niveau d'éclairage en false couleur.
Source : Auteurs.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	EMIN (Lux)	EMOY (Lux)	EMAX (Lux)	lu	EMIN (Lux)	EMOY (Lux)	EMAX (Lux)	lu
	964	1244.5	1525	0.77	1200	1359.5	1519	0.88
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Problème d'uniformité d'éclairage au niveau du plan de travail horizontal (tables des élèves). ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen sont supérieures à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen sont supérieures à la norme recommandée. ✓ L'indice d'uniformité acceptable (est à la norme recommandée). 			

Tableau VI-7: Les résultats cas initial (31 Mai à 9:00h).

Source : Auteurs.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
31 mai	14:00	-121.5°	70.1°



Figure VI-45: Vue intérieure à 14:00h.
Source : Auteurs.

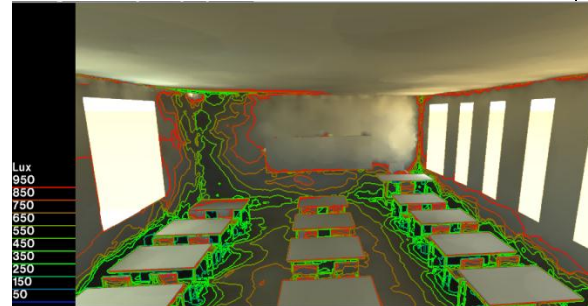


Figure VI-46: Niveau d'éclaircement en contour ligne.
Source : Auteurs.

Un niveau d'éclaircement entre 929 lux et 1700 lux.
Présence de la tâche lumineuse au niveau de la rangée sud (près des fenêtrant du corridor).

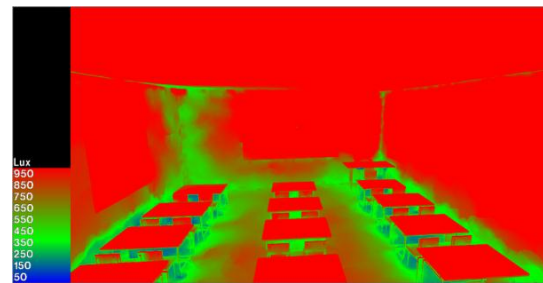


Figure VI-47: Niveau d'éclaircement en false couleur.
Source : Auteurs.

Eclaircement (Lux)	Eclaircement Horizontal (Lux)				Eclaircement Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	929	1314.5	1700	0.70	929	1083	1237	0.89
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Problème d'uniformité d'éclaircement au niveau du plan de travail horizontal (tables des élèves). ✓ Les valeurs de l'éclaircement moyen sont supérieures à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ l'indice d'informaté est supérieur à la norme recommandée. ✓ l'éclaircement vertical moyen est supérieur à la norme recommandée. 			

Tableau VI-8: Les résultats cas initial (31 Mai à 14:00h).

Source : Auteurs.

Interprétation des résultats de la simulation :

A travers cette simulation on a trouvé que :

Le niveau d'éclairage est toujours supérieur de la valeur recommandée (la quantité de lumière disponible est largement suffisante).

- ✓ La répartition d'éclairage au niveau du plan de travail horizontal (les tables des élèves) enregistre des valeurs divergentes (problème d'uniformité).
- ✓ La présence du risque d'éblouissement sur le tableau (tâche éblouissante et contraste entre le tableau et son arrière-plan, mur du tableau).
- ✓ Présence des tâches solaires sur le plan de travail (sur tables de la rangée Sud et sur le tableau). Ces tâches dues à la pénétration des rayons solaires à travers le côté sud (côté du corridor).

En général, le problème dans la salle de classe orientée nord avec une orientation indirecte sud c'est un problème de qualité de lumière ; tâches solaires, éblouissement, contraste et problème d'uniformité. La solution proposée s'appuie sur le control de la lumière pénétrée à l'intérieur de la salle de classe, pour corriger les problèmes cités ci-dessus, par :

- ✓ L'occultation contre les rayons solaires directs venant du côté sud à travers le corridor.
- ✓ La redistribution de la lumière pénétrante pour corriger l'indice d'uniformité et diminuer le contraste et par conséquent éliminer le risque d'éblouissement.

Pour cela ; on peut dire que **les systèmes de modélisation de la lumière naturelle** à un grand rôle à jouer pour améliorer les conditions lumineuses dans le cas d'étude.

- ✓ L'ajout des systèmes de modalisation de la lumière naturelle.
- ✓ Intervention au niveau des ouvertures.

VI.2.6.Amélioration :

Après la lecture des valeurs numériques du cas primaire, il est évident que les résultats obtenus sont en dehors de la plage de confort exigée par la réglementation en vigueur.

Sur ce, une correction doit être apportée au niveau des ouvertures orientés sud, ceci par l'utilisation des (BSO) brise soleil orientables dans la façade sud avec Ces brise-soleils permettent de protéger l'espace contre les rayons soleil direct, la chaleur et la lumière éblouissante ; avec l'intervention au niveau de mur d'allège de 1.10 m à 1.60 m.

D'une autre part, création une ouverture au-dessus de la porte avec un light shelf ,en parallèle on a minimisé le mur d'allège de fenêtre près de bureau de l'enseignant avec une disposition de lightshelves au milieu de cette fenêtre , cela dans le but d'uniformiser l' éclairage au niveau de tableau (indice d' informité verticale) .

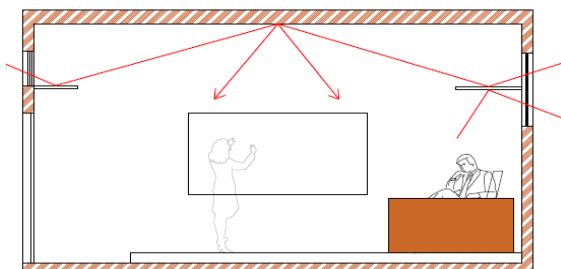


Figure VI-48: Utilisation des lights shelves

Source : Auteurs.

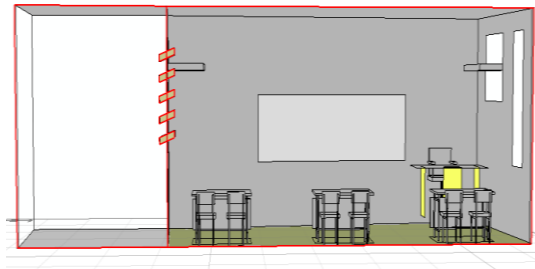


Figure VI-49: Système de modélisation d'éclairage naturelle.

Source : Auteurs.

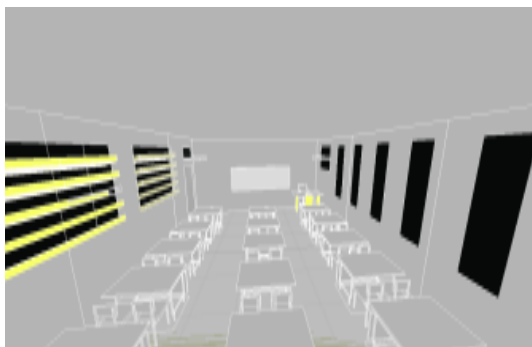


Figure VI-50: Vue 3D sur la classe amélioré.

Source : Auteurs.

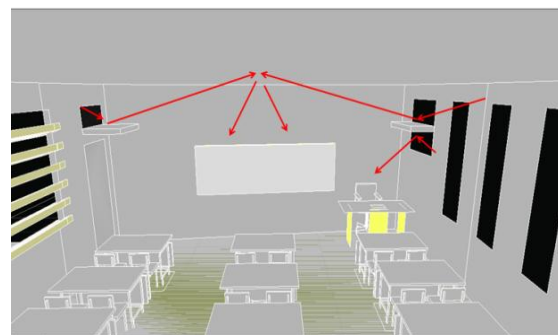


Figure VI-51: Fonction de lights shelves.

Source : Auteurs.

VI.2.6.1 Période automnale :21 Septembre.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 septembre	9:00	109.8°	28.7°



Figure VI-52: Vue intérieur à 9:00h.
Source : Auteurs.

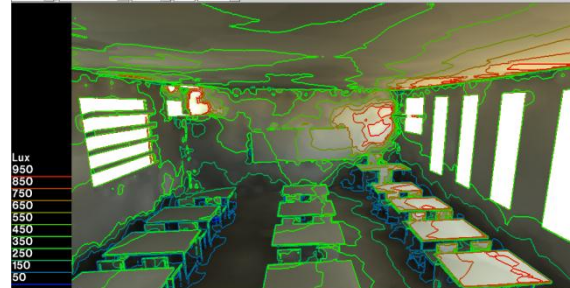


Figure VI-53: Niveau d'éclairage en contour ligne.
Source : Auteurs.

L'éclairage moyen de la salle à 9h représente un niveau d'éclairage horizontal moyen $E_{MOY} = 603$ avec un éclairage vertical moyen $E_{MOY} = 725$. La salle de classe est éclairée d'une manière uniforme.

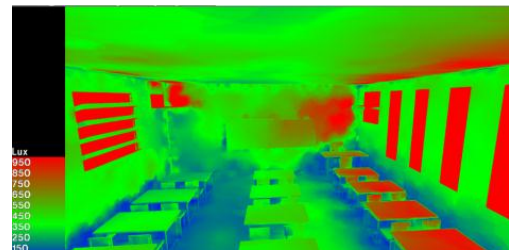


Figure VI-54: Niveau d'éclairage en fausse couleur.

Source : Auteurs.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	306	603	900	0.5	550	725	900	0.75
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est à la norme recommandée. ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée. ✓ La valeur de répartition de la lumière est presque atteinte la norme recommandée. 			

Tableau VI-9 :Les résultats cas améliorer (21 septembre à 9:00h).

Source : Auteurs.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 septembre	14:00	146.8°	52.8°



Figure VI-55 Vue intérieur à 14:00h.
Source : Auteurs.

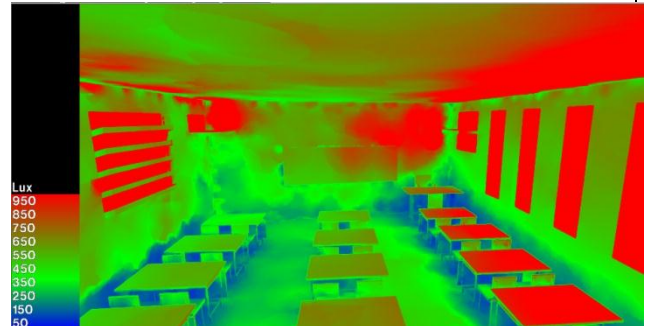


Figure VI-56: Niveau d'éclairage en contour ligne.
Source : Auteurs.

Les résultats de la simulation indiquent que :
le niveau d'éclairage intérieur atteint des valeurs qui sont variées entre 980 lux et 350 lux. (acceptable)
Présence des tâches éclairées au niveau des tables de 1ere rangée près des fenêtres (mur nord)

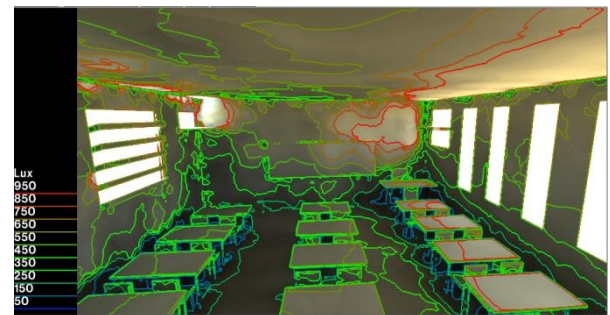


Figure VI-57: Niveau d'éclairage en fausse couleur.
Source : Auteurs.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	350	665	980	0.52	620	720	820	0.86
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est à la norme recommandée. ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée. ✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est à la norme recommandée. 			

Tableau VI-10: Les résultats cas améliorer (21 septembre à 14:00h).

Source : Auteurs.

VI.2.6.2 Période hivernale : 21 Décembre.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 décembre	9:00	128.4°	11.4°



Figure VI-58: Vue intérieure cas brise soleil à 9:00h.
Source : Auteurs.

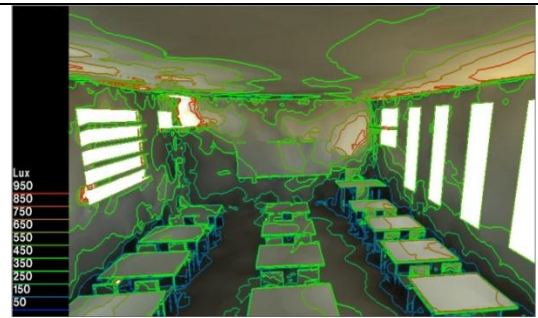


Figure VI-59: Niveau d'éclairage en contour ligne.
Source : Auteurs.



Figure VI-60: Vue Intérieure a 9 : 00 h (cas de brise soleil positionné horizontalement) Source : Auteurs

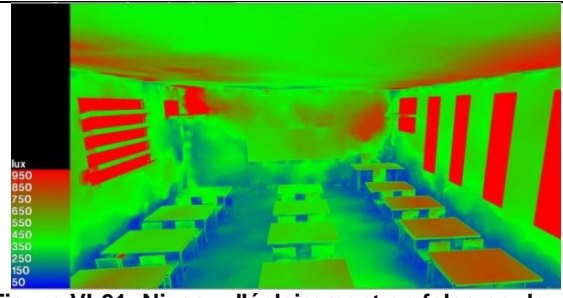


Figure VI-61: Niveau d'éclairage en fausse couleur.
Source : Auteurs.

En comparaison avec cas initial de (21 déc à 9 h) on remarque : l'absence de tache solaires qui est situé au niveau de tableau, cette tâche est disparu à l'aide des (BSO) brise soleil orientable position inclinée .

D'autre part : présence d'un environnement lumineux suffisamment éclairé caractérisé par l'absence d'éblouissement.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	372	589	806	0.55	430	532.25	634.5	0.8
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est à la norme recommandée. ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs inférieures à la norme recommandée. ✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est à la norme recommandée. 			

Tableau VI-11: Les résultats cas améliorer (21 décembre à 9:00h).

Source : Auteurs.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 décembre	14:00	-160.7°	30.5°



Figure VI-62: Vue intérieur à 14:00h.
Source : Auteurs.

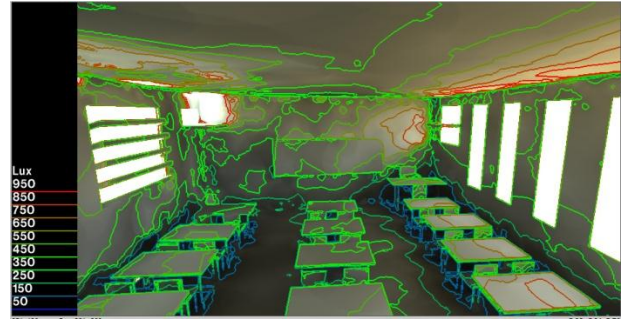


Figure VI-63: Niveau d'éclairage en contour ligne.
Source : Auteurs.

L'après midi : présence d'un environnement lumineux suffisamment éclairé caractérisé par l'absence d'éblouissement.

Généralement la validation numérique des conditions d'éclairage intérieur indique des valeurs d'éclairage qui sont variées entre : 320 et 830 lux

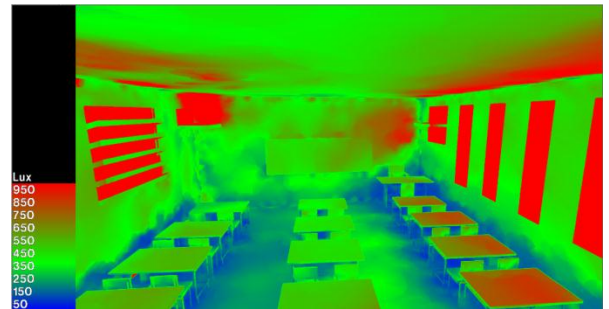


Figure VI-64: Niveau d'éclairage en fausse couleur.
Source : Auteurs.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	320	575	830	0.55	420	521	622	0.80
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs acceptables. ✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ La répartition de la lumière au niveau de tableau est à la norme recommandée. ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs inférieures à la norme recommandée. 			

Tableau VI-12 Les résultats cas améliorer (21 décembre à 14:00h).

Source : Auteurs.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
21 décembre	16:00	-129.2°	12.2°



Figure VI-65 Vue intérieur à 16:00h.

Source : Auteurs.

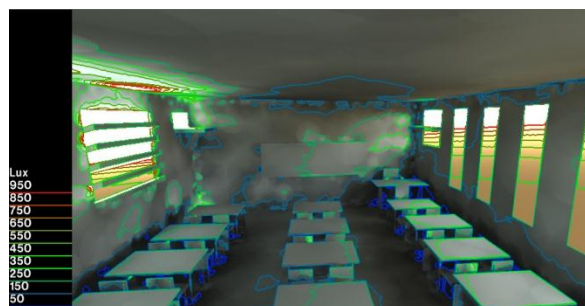


Figure VI-66: Niveau d'éclaircement en contour ligne.

Source : Auteurs.

A 16:00 h ; validation numérique des conditions d'éclaircement intérieur indique des valeurs d'éclaircement qui sont variées entre : 153 et 300 lux.

la classe est un peu sombre qui montre un manque de présence de la lumière à l'intérieur. (éclairage insuffisant)

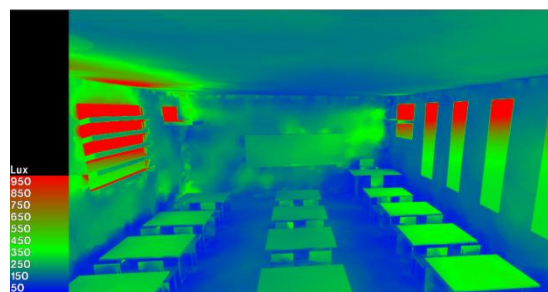


Figure VI-67: Niveau d'éclaircement en false couleur.

Source : Auteurs.

Eclaircement (Lux)	Eclaircement Horizontal (Lux)				Eclaircement Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	lu
	158	290	395	0.54	223	268.5	314	0.83
Commentaire	✓ Les valeurs de l'éclaircement moyen obtenu sont des valeurs inférieures à la norme recommandée. ✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est acceptable.				✓ Les valeurs de l'éclaircement moyen obtenu sont des valeurs inférieures à la norme recommandée. ✓ La répartition de la lumière au niveau de tableau est acceptable.			

Tableau VI-13 : Les résultats cas améliorer (21 décembre à 16:00h).

Source : Auteurs.

VI.2.6.3 Période estivale : 31 Mai.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
31 mai	9:00	87.9°	39.0°



Figure VI-68: Vue intérieure à 9:00h.

Source : Auteurs.

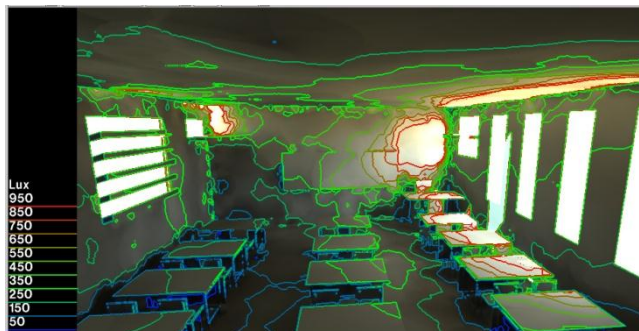


Figure VI-69: Niveau d'éclairage en contour ligne.

Source : Auteurs.

Les résultats de la simulation indiquent que : le niveau d'éclairage intérieur attendre des valeurs qui sont variées entre 463 lux et 970 lux.

On remarque : présence des taches éclairées au niveau de mur de tableau et des tables près de mur (nord).

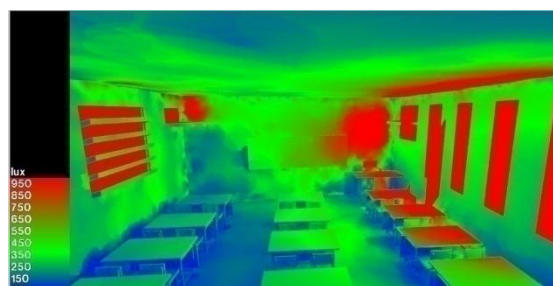


Figure VI-70: Niveau d'éclairage en fausse couleur.

Source : Auteurs.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	Indice D'uniformité	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	Indice D'uniformité
	463	716	970	0.6	480	605	730	0.79
Commentaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est acceptable. ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée. 				<ul style="list-style-type: none"> ✓ La répartition de la lumière au niveau du tableau est à la norme recommandée. ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs à la norme recommandée. 			

Tableau VI-14: Les résultats cas améliorer (31 Mai à 9:00h).

Source : Auteurs.

La date	Heure	Azimut solaire	Altitude solaire
31 mai	14:00	-121.5°	70.1°



Figure VI-71: Vue intérieure à 14:00h.
Source : Auteurs.

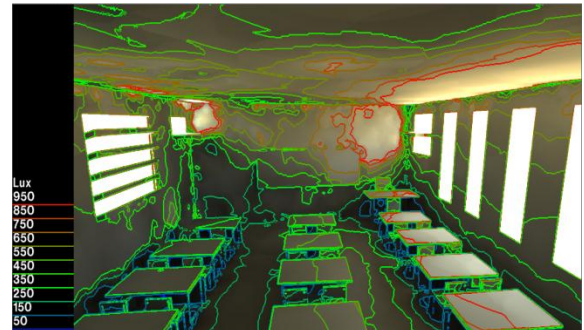


Figure VI-72: Niveau d'éclairage en contour ligne.
Source : Auteurs.

L'après-midi on remarque: la présence d'un environnement lumineux suffisamment éclairé caractérisé par l'absence d'éblouissement.

Les résultats de la simulation indiquent que : le niveau d'éclairage intérieur attendre des valeurs qui sont variées entre 450 lux et 980 lux

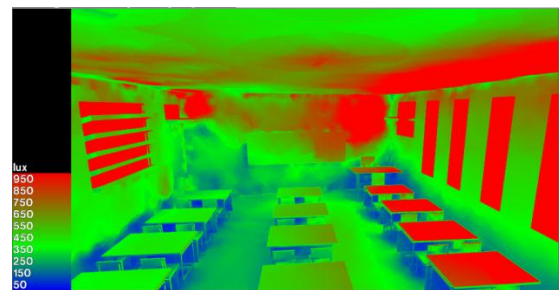


Figure VI-73: Niveau d'éclairage en false couleur.
Source : Auteurs.

Eclairage (Lux)	Eclairage Horizontal (Lux)				Eclairage Vertical (Lux)			
	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	Indice D'uniformité	E_{MIN} (Lux)	E_{MOY} (Lux)	E_{MAX} (Lux)	Indice D'uniformité
		450	750	980	0.6	500	625	750
Commentaire	✓ La répartition de la lumière au niveau des tables est acceptable. ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs supérieures à la norme recommandée.				✓ La répartition de la lumière au niveau de tableau est à la norme recommandée. ✓ Les valeurs de l'éclairage moyen obtenu sont des valeurs acceptables			

Tableau VI-15: Les résultats cas améliorer (31Mai à 14:00h).

Source : Auteurs.

Interprétation des résultats après l'amélioration :

- **les systèmes de modélisation de la lumière naturelle** ont un grand rôle à jouer pour minimiser l'éblouissement et contrôler la lumière.
- Occultation : créer l'ombre éliminé la pénétration des rayonnements solaires directs
- Redistribution : uniformise l'éclairage
- Réorientation : orienter la lumière et les rayons directs vers le plafond.
- Le système d'éclairage indirect par les lightshelves (par la réflexion) est un système très efficace du côté répartition de lumière.

VI.3. Synthèse :

Pour les locaux d'enseignement la lumière permet de voir, de trouver, d'observer. Par ailleurs trop de lumière, une lumière mal adaptée, mal placée et mal orientée peut s'avérer gênante. Il s'agit donc d'avoir la bonne lumière au bon endroit pour but de répondre aux exigences de confort des élèves.

Pour obtenir un éclairage uniforme et bien réparti dans tout le local, il faut se concentrer sur la façon dont la lumière du jour peut être distribuée et transmise. Cette étude est d'évaluer le dispositif adéquat d'un éclairage naturel pour assure un bon confort dans la salle de classe, , afin de voir les différents points positifs et les points négatifs des dispositifs des ouvertures pour avoir un confort lumineux à l'intérieur .

Nous fait une simulation informatique par l'utilisation des logiciels Radiance .Et pour la modélisation et l'intégration des données climatiques de la ville (Laghouat) on a utilisé le logiciel Ecotect.

Après les simulations, on a choisi les systèmes de modélisation de la lumière naturelle comme meilleur solution qui assure un bon confort visuel.

Ces systèmes (protection solaire mobile et light shelves) jouent le rôle de dispositifs d'éclairage et de protection. Installés au niveau des fenêtres, ils permettent d'éclairer la pièce de manière efficace, d'avoir une uniformité de d'éclairage dans l'espace et de réduire de manière considérable l'effet de l'éblouissement. Ce système permet des économies d'énergie et a des résultats concrets car il peut réduire la quantité d'électricité nécessaire pendant les heures d'ensoleillement pour éclairer une pièce.

Dans les climats chauds (Laghouat) ces systèmes jouent aussi le rôle de protection solaire ; en empêchant les rayons solaires directs d'entrer dans le local ce qui peut causer des surchauffes et un inconfort substantiels.

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'éclairage 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 rafraichir l'air extérieur.

L'utilisation de logiciel Ecotect pour l'aspect visuel 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. Philippe 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^{ème} 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 problemswithin new primaryschoolclassrooms 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 Seddikbenyahia de JIJEL. 11/2010.

Direction et agence :

1. Bureau d'étude : Goumidalssam
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. Autodesk Ecotect 2010.
2. Radiance b2.0.

Annexe

Nombre des établissements scolaires dans la commune de Laghouat :⁴¹

Etablissement	Primaire	Moyen	Lycée	Sommet
Nombre	69	25	15	109

Le programme officiel :⁴²

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	

⁴¹ Source : Monographie de Laghouat 2017.

⁴² Source : direction des infrastructures et des équipements de Laghouat.

La population de la ville de Laghouat est : 209109⁴³

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

$$209109 \text{ _____ } 100\% \quad \left. \vphantom{209109} \right\} X = 10.5\%$$

$$P(0-10) : 21463 \text{ _____ } x\% \quad \left. \vphantom{21463} \right\}$$

- Nombre de logements – oasis nord - est : 1942

- Nombre de personnes dans chaque logement est : 1942 X 5 = 9710

$$P(\text{quartier}) = 9710 \text{ _____ } 100\% \quad \left. \vphantom{9710} \right\} P(0-10) = 1020$$

$$P(0-10) = ? \text{ _____ } 10.5\% \quad \left. \vphantom{?} \right\}$$

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

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

$$240+480=720 \text{ _____ } 1020 - 720 = 300 \text{ élève}$$

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

$$300 \text{ _____ } 100\% \quad \left. \vphantom{300} \right\} E(5-2)=120 \text{ enfant}$$

$$E(3- 5 \text{ ans}) : ? \text{ _____ } 42\%$$

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

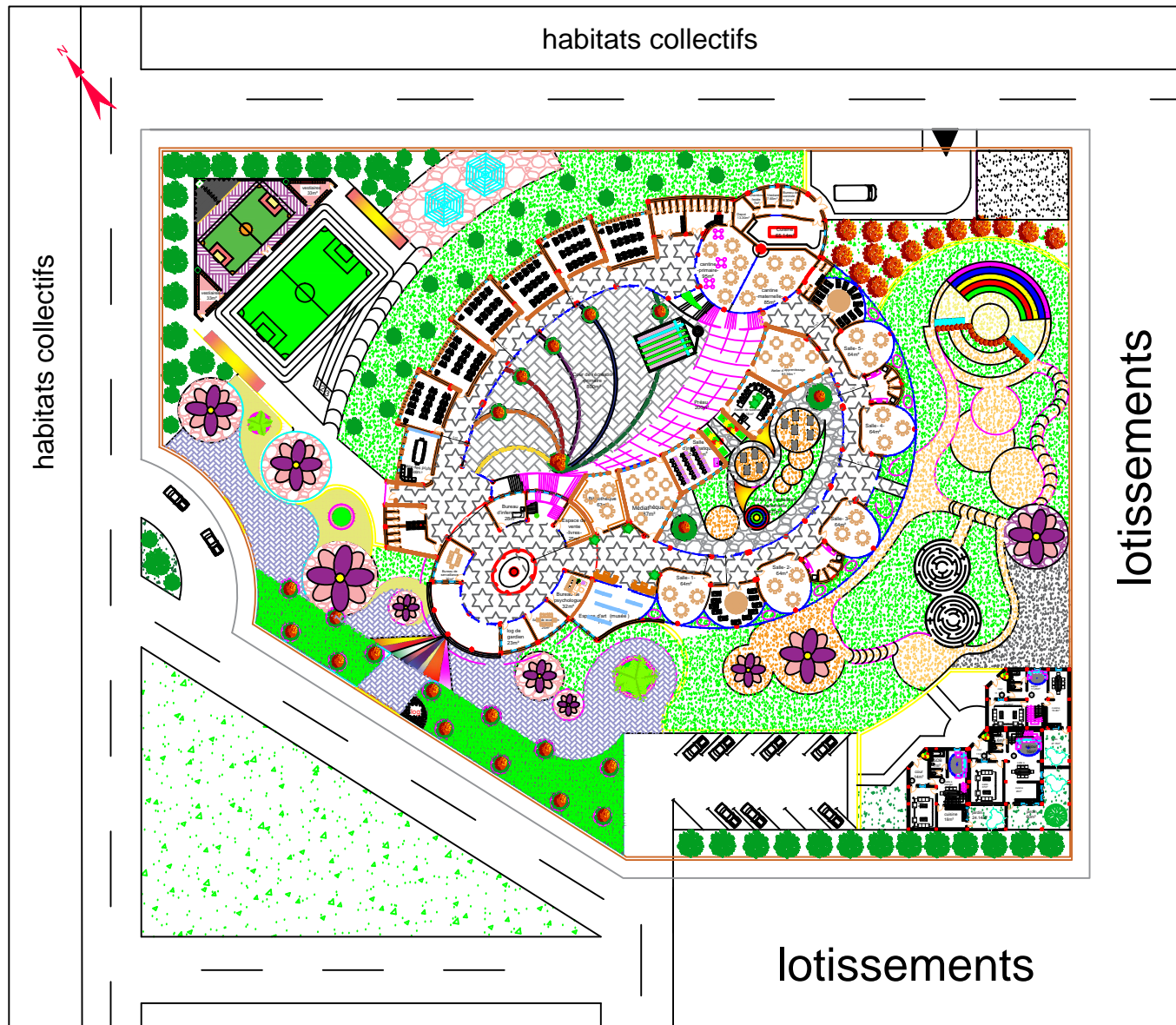
Pour améliorer la qualité d'espace, nous formons 180 élèves en 6 classes
(école type B)

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

180/6 =30 élève par classe.

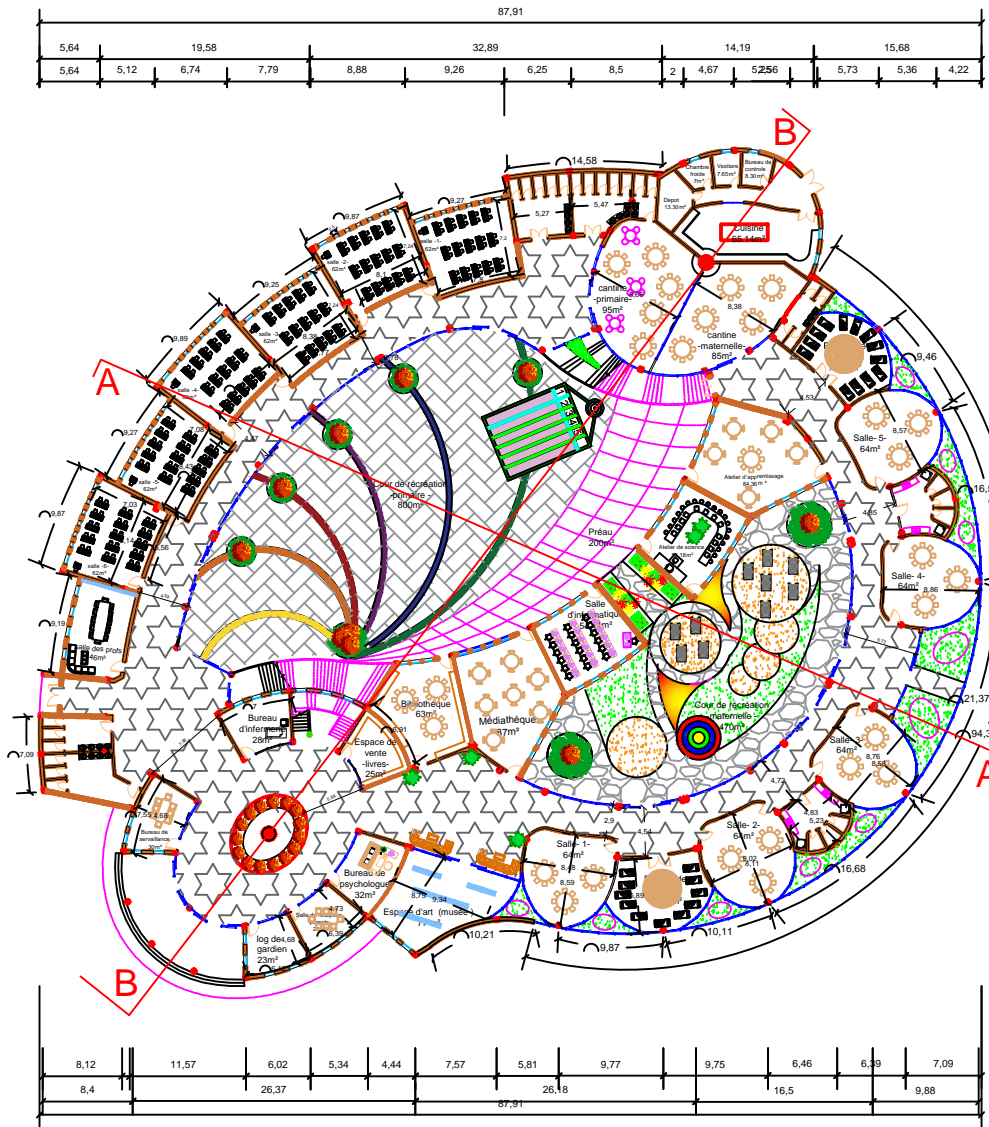
⁴³ Source : Syndicat national unitaire des instituteurs, professeurs des écoles et PEGC Monographie wilaya de Laghouat édition 2017.



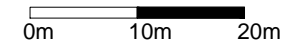


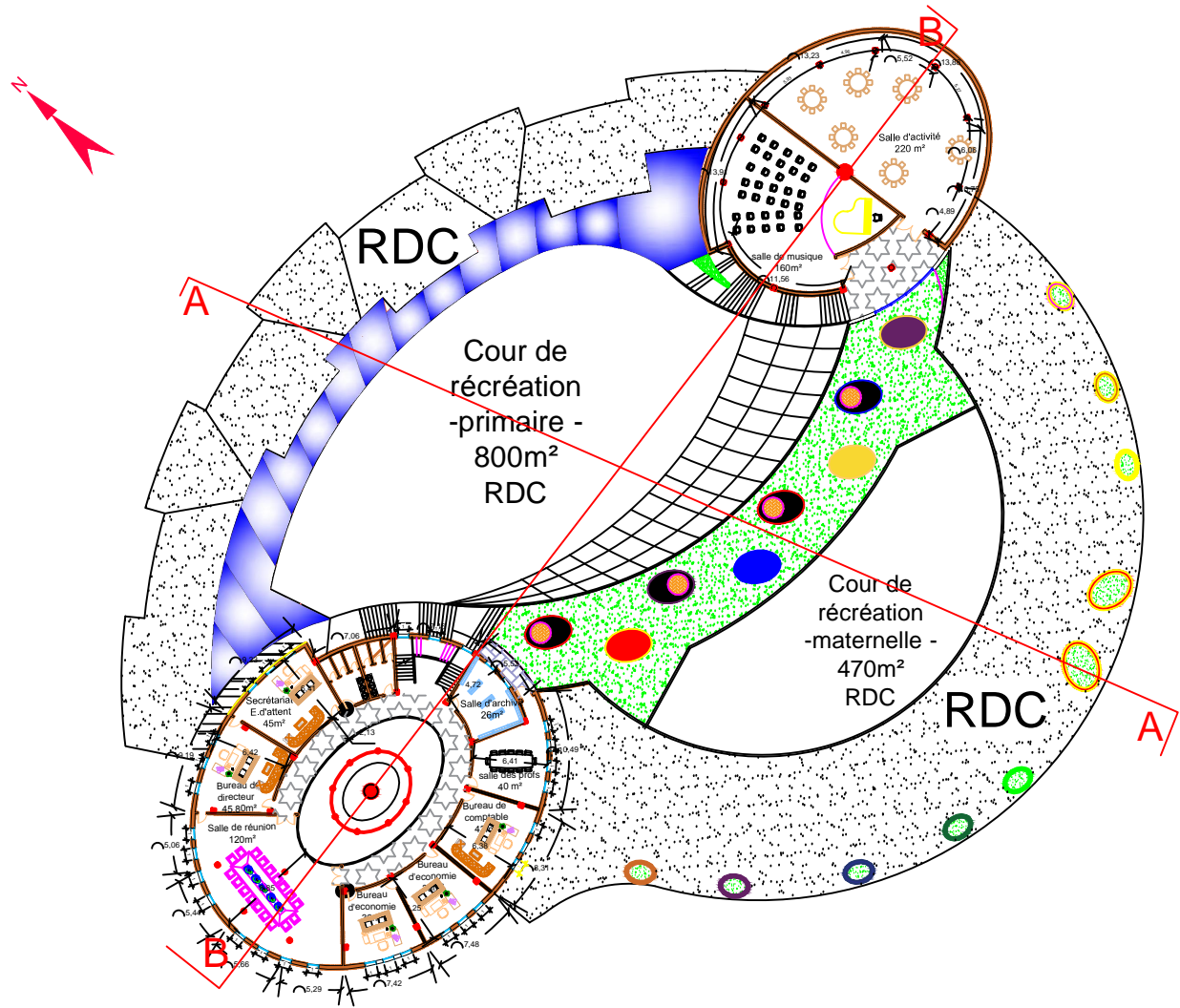
Plan d'assemblage

0m 10m 20m

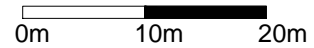


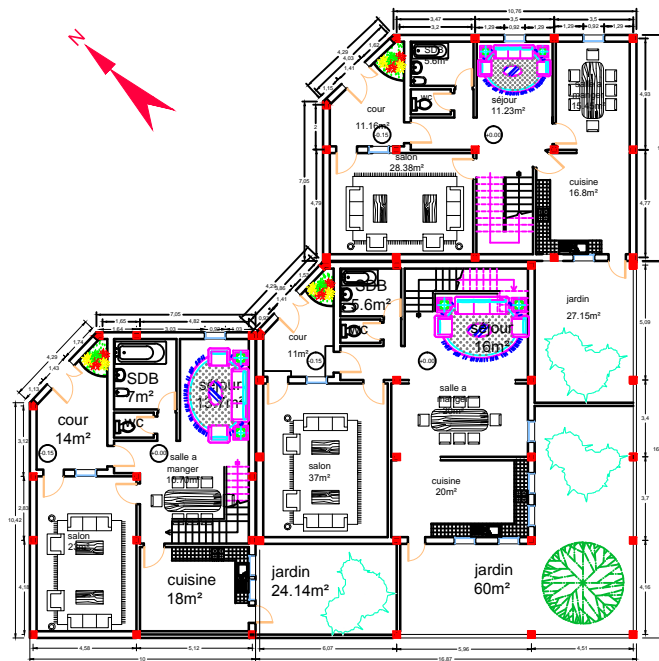
Plan de RDC



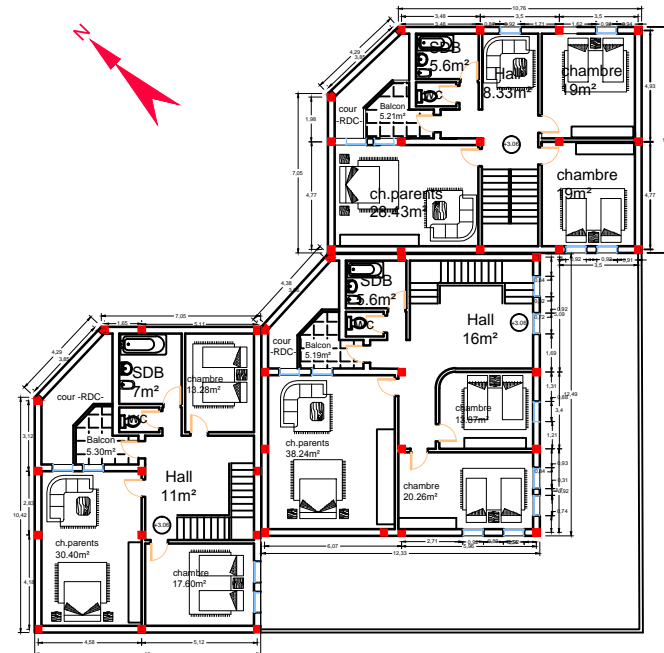
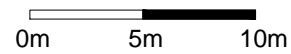


Plan de R+1

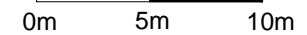




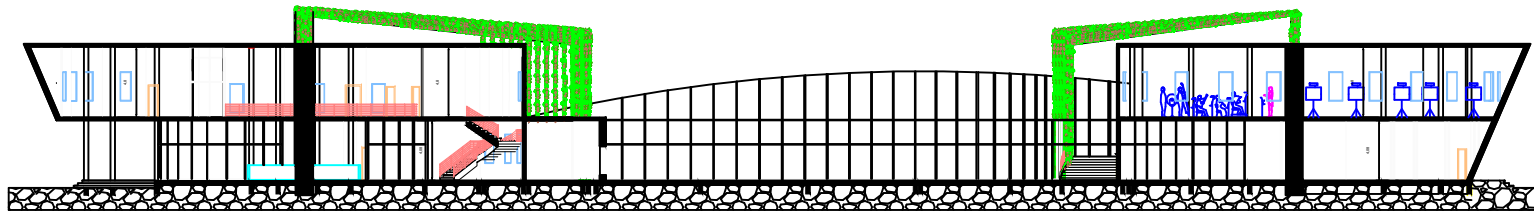
plan RDC



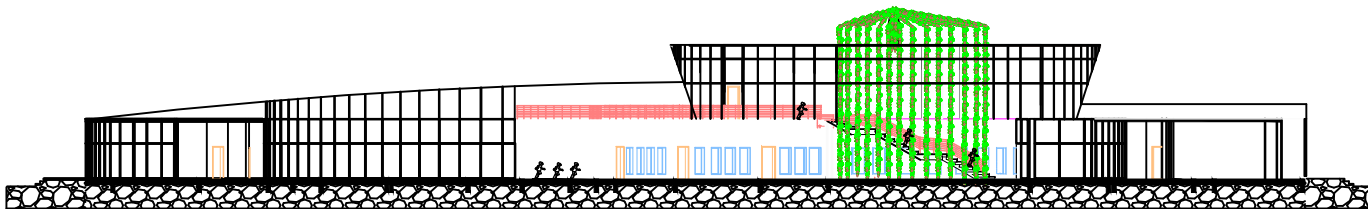
plan 1er étage



Logements de fonction



coupe BB



coupe AA