



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



Université Amar Thelidji-Laghouat

FACULTE: Science et technologie

DEPARTEMENT : Architecture

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

DAHMANI YUCEF

FILIERE: Architecture

OPTION : Architecture et environnement

Thème

**COLLEGE DURABLE 600 A LA VILLE D'AIN-OUESSARA
(Etude du confort respiratoire)**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
OTHMANI MAGHERBI	M.A.A	Président
LAROUÏ MOHAMED	M.A.A	Examineur1
MERDJANI HAMZA	M.A.A	Examineur2
SOFRANI KHELIFA	M.A.A	Rapporteur
BAALI SAAIDA	M.A.B	Co-rapporteur

Promotion : JUIN 2015



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE: Science et technologie

DEPARTEMENT : Architecture

RESUME DE MEMOIRE DE MASTER

Filière : Architecture.

Option : Architecture et environnement.

Thème : Collège durable 600 à la ville d'Ain-Ouessara, Djelfa.

Présenté par :

- DAHMANI Youcef

Encadré par :

- SOFRANI Khelifa
- BAALI Saida.

Résumé :

Le présent travail port sur la conception d'un projet architecturale d'un collège durable de 600 élèves de capacité dans un climat chaud et aride à la ville d'Ain-Ouessara , dont l'objectif de répondre aux exigences , d'assurer le bien-être des usagers et d'améliorer leurs conditions de travail dans une vision d'éco-construction combiné avec l'efficacité énergétique et l'amélioration des conditions de confort des usagers.

Mots clés : Architecture durable, écologie, éco-collège, confort visuel, ventilation naturelle, confort hygrothermique.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة عمار ثليجي – الأغواط



كلية: العلوم و التكنولوجيا
قسم: الهندسة المعمارية

ملخص مذكرة الماستر

الشعبة: هندسة معمارية .

التخصص: هندسة معمارية و بيئة .

عنوان المذكرة: متوسطة ايكولوجية ذات سعة ستمائة تلميذ بمدينة عين وسارة – الجلفة .

تقديم الطالب:

● دحماني يوسف

الأساتذة المؤطرين :

● سفراني خليفة

● باعلي سعيدة

ملخص المذكرة:

العمل المقدم يدخل في اطار تصميم مشروع معماري يتمثل في متوسطة ايكولوجية تتسع لستمائة تلميذ بمدينة عين وسارة منطقة ذات مناخ حار وشبه جاف. إن الهدف المتوخى من هذا التصميم هو محاولة الاستجابة لمتطلبات المستعملين و تحسين ظروفهم في إطار الرؤية الايكولوجية للبناء المقرونة بالفعالية الطاقوية وتحسين الراحة داخل المبنى .

الكلمات المفتاحية: هندسة معمارية مستدامة - صديق البيئة - متوسطة ايكولوجية - الراحة البصرية - التهوية الطبيعية – الراحة الحرارية.



Republic Algerian Démocratic and Popular
Minister of Superior enseigment and Scientific research



Amar Thelidji university - Laghouat

FACULTY : Science and technology

DEPARTEMENT : Architecture

ABSTRACT OF MASTER MEMORY

Career : Architecture.

Option : Architecture and environnement.

Theme : Sustainable College 600 in Ain-Ouessara, Djelfa.

Presented by :

- DAHMANI Youcef

Supervised by :

- SOFRANI Khelifa
- BAALI Saida.

Abstract :

The present work deal with the design of an architectural project of a sustainable college located in hot semi arid climate in city of Ain-Ouessara. The objective of this work is to fulfill the requirements, to ensure the wellness of users and improve their work conditions in a vision of eco construction combined with energy efficiency and human been comfort .

Keywords: sustainable architecture, ecology, sustainable school , visual comfort , natural ventilation, hygrometric comfort ..

Remerciement

Nous serons ingrats si nous espérons épuiser en ces quelques lignes une dette envers tous qui nous ont aidés à parachever ce travail.

Nous tenons d'abords à remercier nos encadreur : monsieur SOFRANI KHELIFA et madame BAALI SAIDA pour les précieux conseils et les remarques décisives pour l'élaboration de cette recherche, sans oublier Dr BENCHEIKH HMAIDA qui nous a beaucoup donner de son temps et de ces connaissances.

Nous adressons nos vifs remerciements à messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font en jugeant notre travail.

Dédicace

Je m'incline devant dieu le tout puissant qui m'ouvert la porte de savoir et m'a aidé à franchir.

Je dédie mon travail:

A ma chère et tendre mère, source d'affection, de courage et d'inspiration qui a fait bien des sacrifices pour me voir atteindre ce jour "Ma réussite est la votre"

A mon père source de respect en témoignage de ma profonde reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qui m'a toujours apporté.

A mes chers frères MOKHTAR, ALI et CHERIF pour leurs encouragements et accompagnements et mes chères sœurs ZIENAB, ZAHIA.

A tous mes chers amis REDOUANE, ABDELKADER YACINE, NAAS, NADIR, BACHIR, ILYES et MADANI.

A toi mon amie intime DARDA pour ton courage et patience et à toute ta famille.

A tous ceux que je porte dans mon cœur

TABLE DES MATIERES

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

1 APPROCHE INTRODUCTIVE

1.1	Introduction générale:.....	1
1.2	Présentation du THÈME:.....	1
1.3	Problématique GÉNÉRALE:.....	2
1.4	Objectif général de la recherche:.....	3
1.5	Méthodologie D'APPROCHE:	3

2 APPROCHE THÉMATIQUE

	Introduction :.....	5
2.1	Définition des concepts liés à l'architecture scolaire durable :.....	5
2.1.1	Développement durable :.....	5
2.1.2	Architecture Durable :	5
2.1.3	Architecture bioclimatique :.....	9
2.1.4	Architecture écologique :	10
2.1.5	Haute Qualité Environnementale :.....	10
2.2	Eco-école :	10
2.3	Education au développement durable :.....	11
2.4	Rôles des établissements scolaire durable :	11
2.5	definition des concepts liees a la ventilation naturelle:.....	12
2.5.1	Température (°c) et vitesse d'air (m/s) :.....	12
2.5.2	Humidité (%) :	13
2.5.3	Débit d'air neuf (m³/h/pers) :	13
2.5.5	Tirage thermique (Pa) :.....	14
2.5.6	Effet thermosiphon :.....	14
2.5.8	Efficacité de la ventilation.....	15

2.5.9	Systèmes passifs de la ventilation :	16
2.6	Synthèse :	20

3 APPROCHE ANALYTIQUE

Introduction :	22
3.1	exmple 01 : Collège Pierre Deley à « Marseillan » :	22
3.1.1	Présentation du projet :	22
3.1.2	Aspect Architectural, fonctionnel et paysager :	22
3.1.3	Système constructif et matériaux :	25
3.1.4	Texture et couleurs :	26
3.1.6	Synthèse :	32
3.2	exemple 02 :Collège Lucie Aurbac à « Béziers »	32
3.2.1	Présentation du projet :	32
3.2.2	Aspect Architectural, fonctionnels et paysager :	32
3.2.3	Système constructif et matériaux:	36
3.2.4	Texture et couleur:	36
3.2.5	Aspects liée au développement durable :	37
3.2.5.4	Bilan de consommation énergétique :	39
3.2.6	Synthèse :	39

4 APPROCHE CONTEXTUELLE

Introduction :	41
4.1	Présentation de la ville d'Ain-Ouessara :	41
4.2	Climatologie de la ville d'Ain-Ouessara :	41
4.2.1	Conditions climatiques :	42
4.2.2	Le diagramme Psychométrique (B.Givoni):	44
4.3	Motivation du choix du site :	44
4.4	Situation du site d'intervention :	45
4.5	Accessibilité du site d'intervention :	46
4.6	Morphologie du terrain :	47
4.7	Etude climatique du terrain :	47

4.8	Environnement immédiat :	49
4.8.1	Le Gabarit :	49
4.8.2	Le style architectural:	49
	Synthese :	50

5 APPROCHE ARCHITECTURALE

	Introduction:.....	51
5.1	Demarche conceptuelle:.....	51
5.2.1	Programme surfacique :.....	51
5.2.2	Programme qualitative	53
5.3	Les concepts de la création formelle:	54
5.4	Genèse du projet:	55
	1 ^{ere} étape : L'affectation primaire des entités.....	55
	2 ^{eme} étape : matérialisation de l'idée du projet.....	56
	4 ^{eme} étape : la forme primaire du projet	58
5.5	Conception du projet:	60
5.5.1	Plan de masse :	60
5.5.3	Façades :	63
	Synthese :	64

6 APPROCHE TECHNIQUE

	Introduction:.....	65
6.1	Système constructif:	65
6.2.1	Isolation renforcé de l'enveloppe	66
6.2.2	Augmentation des apports gratuits :	66
6.2.3	Mise en place d'une Ventilation naturelle.....	69
6.2.4	Favoriser les apports en lumière naturelle :	69
6.2.5	Récupération des eaux pluviales:	69
6.2.6	Recourir aux énergies renouvelables locales.....	70
6.2.7	Gestion d'éclairage :	71
6.2.8	Gestion de l'eau:	71

Synthese:	71
-----------------	----

7 APPROCHE DURABILITE ET SIMULATION

Introduction :.....	72
7.1.1 Problématique :.....	72
7.1.2 Hypothèses :.....	72
7.1.3 Objectif de la recherche :.....	72
7.1.4 Approche méthodologique du travail :.....	73
7.1.5 Etude numérique et simulation ;.....	74
7.1.6 Synthèse :.....	77
7.1.7 Recommandations :.....	78
Conclusion generale :.....	79
Bibliographie	
Annexes	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: débit d'air neuf et le taux de renouvellement d'air recommandés.....	14
Tableau 2 : bilan de consommation du gaz dans le collège	31
Tableau 3 : bilan de consommation énergétique	39
Tableau 4 : profils environnementales des projets	40
Tableau 5 : Estimation des besoins en collège a Ain Ouessara	45
Tableau 6: Programme quantitatif du collège (600 élèves).....	53
Tableau 7: Programme qualitatif du collège (600 élèves).....	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : organigramme de méthodologie d'approche	4
Figure 2 : Les piliers du développement durable	5
Figure 3: Vision et valeurs de l'architecture durable	6
Figure 4: schéma exemplaire d'un quartier écologique.	7
Figure 7: Les aménagements utiles pour se protéger du rayonnement solaire	8
Figure 5: la ventilation naturelle du aux vents en fonction du relief du site	8
Figure 6: construction respectueuse du climat.	8
Figure 8 : Les notions de l'architecture bioclimatique.	9
Figure 9: Les quatorze cibles de la haute qualité environnementale	10
Figure 10: Les valeurs de l'éducation au développement durable.....	11
Figure 22: L'impact de la ventilation sur l'humidité	13
Figure 12: Ventilation par effet thermosiphon	14
Figure 13: ventilation par effet de vent	15
Figure 14: exemple d'efficacité de ventilation dans une salle de classe	15
Figure 15: ventilation transversale	16
Figure 16: ventilation mono-exposée, ouverture simple	17
Figure 17: ventilation par capteur de vent.....	17
Figure 18: Variante moderne du capteur de vent	18
Figure 19: ventilation par cheminée.....	18
Figure 20: la ventilation par atrium	18
Figure 21: Ventilation par façade double peau	19
Figure 22: la ventilation par puit canadien	19
Figure 23: les avantages de l'architecture scolaire durable	21
Figure 24: Entrée principale du collège Pierre Deley.....	22
Figure 25: Plan de situation du collège Pierre Deley	23
Figure 26 : Occupation de parcelle.....	23

Figure 27 : zoning.....	23
Figure 28 : Dessertes du collège Pierre Deley	24
Figure 29 : Plan Rez de chaussée du collège Pierre Deley.....	24
Figure 30 : Plan 1 ^{er} étage du collège Pierre Deley	25
Figure 31: Plan de structure du collège Pierre Deley	25
Figure 34: Aspect liée au confort thermique et microclimat dans le collège	26
Figure 32 : Vue sur la façade intérieure.....	26
Figure 33 : les couleurs des salles de classes.....	26
Figure 35: Coupe explicatif de confort thermique	27
Figure 36: Dispositifs de protection du vent.....	27
Figure 37: coupe de la Ventilation naturelle.....	27
Figure 38 : coupe de la ventilation mécanique	27
Figure 39 : étude des nuisances sonores au niveau du collège	28
Figure 40 : vitrage translucide (bibliothèque).....	28
Figure 41 : fenêtres horizontales (réfectoire).....	28
Figure 44 : Graphique de température de couleurs.....	29
Figure 42: étude d'éclairément dans une salle	29
Figure 43: étude d'éclairément dans le couloir	29
Figure 45 : Récupération des eaux pluviales.....	30
Figure 46 : vue arienne sur le toit du collège.....	30
Figure 47 : éclairage d'une salle banalisé.....	30
Figure 48 : Panneaux solaires du collège.....	31
Figure 49 : collège Lucie Aurbac	32
Figure 50 : vue aérienne sur le collège Lucie Aurbac.....	33
Figure 51 : Occupation de la parcelle	33
Figure 52 : plan de situation du collège	33
Figure 53 : plan de masse du collège Lucie Aurbac.....	34
Figure 54 : plan de rez de chaussé du collège	34
Figure 55 : plan de 1 ^{er} étage du collège	35

Figure 56 : plan de 2eme étage du collège.....	35
Figure 57 : Salle EPS (Ossature Bois).....	36
Figure 58 : le Préau (Ossature bidimensionnelle).....	36
Figure 59 : l'entrée (revêtement en béton matricé).....	36
Figure 60 : le couloir (Soubassement en faïence).....	36
Figure 63 : façade sud-ouest (Store a lame orientable).....	37
Figure 61 : Salle EPS (radiant à gaz).....	37
Figure 62 : Salle de classe.....	37
Figure 64 : Salle de classe.....	38
Figure 65 : le CDI.....	38
Figure 66 : Passerelle technique.....	39
Figure 67 : passage couvert (RDC).....	39
Figure 68: Les limites de la ville.....	41
Figure 69: Situation géographique de la ville.....	41
Figure 70 : Zones climatiques de l'Algérie.....	42
Figure 71: graphe d'humidité relative mensuelle.....	42
Figure 72: graphe des températures mensuelles.....	42
Figure 73: graphe des vitesses du vent mensuelles.....	43
Figure 74 : graphe des précipitations mensuelles.....	43
Figure 75 : graphe d'évaporation mensuelle.....	43
Figure 76: graphe d'insolation mensuelle.....	43
Figure 77: Diagramme psychométrique.....	44
Figure 78 : Répartition des CEM dans les quartiers a Ain Ouessara.....	45
Figure 79 : Situation du site d'intervention.....	46
Figure 80: vue aérienne sur le site d'intervention.....	46
Figure 81: Limites du site d'intervention.....	46
Figure 82 : Réseau de voirie qui mène au site.....	47
Figure 83 : terrain d'intervention.....	47
Figure 84 : Dimension du terrain d'intervention.....	47

Figure 85 : Direction des vents et ensoleillement	48
Figure 86 : Diagramme solaire (21decembre)	48
Figure 87 : Diagramme solaire (21 Juin).....	48
Figure 88 : Gabarit des bâtiments de voisinage du site	49
Figure 89 : Gare routière d'Ain-Ouessara.....	49
Figure 90: Ecole Omran Tayeb a Ain-Ouessara.....	49
Figure 91: Dimensions de la création architecturale.....	51
Figure 92: Concepts de la création formelle	54
Figure 93: Schéma d'affectation primaire des entités.....	55
Figure 94: répartition du terrain en trame régulière	56
Figure 95: obtention de l'orientation favorable.....	56
Figure 96:création d'un espace introverti.....	57
Figure 97: répartition de cercle a base de 30°	57
Figure 98: Affectation finale des entités.....	58
Figure 99: Forme primaire du projet	59
Figure 100: Composition volumétrique	60
Figure 101 : plan de rez de chaussé ; bloc d'art.....	61
Figure 102: Plan de rez de chaussé ; bloc des sciences.....	61
Figure 103: Plans du bloc administratif.....	62
Figure 104: Plans du bloc d'éducation au développement durable	62
Figure 105: Plan du bloc pédagogique	63
Figure 106: schéma de matérialisation de l'idée des façades	63
Figure 107: Façade Ouest du collège.....	64
Figure 108: Vue sur les salles de classe	64
Figure 109: ossature en béton armé.....	65
Figure 110: briques alvéoles.....	65
Figure 111: Vue sur le bloc pédagogique	65
Figure 112: Béton auto plaçant.....	65
Figure 113 : Isolation renforcé de l'enveloppe	66

Figure 114 : Méthodes d'optimisation des apports solaires	67
Figure 115: Façade Ouest du collège.....	67
Figure 116: Façade Sud du collège	67
Figure 117: fenêtre triple vitrage	68
Figure 118: coupe de double vitrage	68
Figure 119: coupe de toiture végétalisé.....	68
Figure 120: Vue aérienne sur le collège	68
Figure 121: Ventilation transversale	69
Figure 122 : Ventilation par atrium.....	69
Figure 123: réservoir d'eau d'arrosage	70
Figure 124: Cuve de récupération d'eau pluviale	70
Figure 125: Panneaux photovoltaïque.....	70
Figure 126: l'emplacement des panneaux photovoltaïque dans le collège.....	70
Figure 127: robinet avec capteur infrarouge	71
Figure 128: détecteur de mouvement.....	71
Figure 129: Zone a simuler.....	74
Figure 130: Modèle de base en 3D	74
Figure 131: Dimension de l'espace simulé	74
Figure 132: Plan de la zone de simulation.....	75
Figure 133: Coupe de la zone de simulation	75
Figure 134: Dimension des ouvertures	75
Figure 135: fichier climatique de la simulation	75
Figure 136: Codification des cas de simulation	76
Figure 137: Taux de renouvellement d'air, Cas –A-	77
Figure 138: Taux de renouvellement d'air, Cas –B-	77
Figure 139: Taux de renouvellement d'air, Cas –C-	77
Figure 140: Taux de renouvellement d'air, Cas –D-	77
Figure 141: Taux de renouvellement d'air de quatre cas.....	78

*1 APPROCHE
INTRODUCTIVE*

1.1 INTRODUCTION GÉNÉRALE:

À la fin des années 70, l'humanité a entendu pour la première fois évoquer le terme de «sustainable» mot qui a semblé barbare et incompréhensible. Puis, au fil des années, la logique de cet adjectif s'est clarifiée puis adaptée au français par le terme « **durable** ».

Pris dans le tourbillon médiatique du Développement Durable, les architectes ne pouvaient faire autrement que se joindre au chœur des chantres de l'écologie, alors ils ont inventé l'architecture durable. Comme si les constructions projetées n'étaient pas faites pour «durer» .

Les architectes, par leur approche globale et leur capacité à intégrer de multiples paramètres, sont bien évidemment parfaitement aguerris pour faire coexister leurs données dans le champ bâti, par ce que l'existence de « penser durable et d'agir durable» est implicitement contenue dans la pratique professionnelle. Ils voudraient donc réinventer un mode de vie différent impliquant une gestion durable. Commençant par construire des établissements scolaires durables, ou le bâtiment lui-même peut constituer un outil de formation pour la prochaine génération.

La construction d'un collège durable présente des exemples concrets de gérance environnementale et démontre qu'une amélioration est possible. Les collèges durables enseignent aux élèves les pratiques que l'on peut mettre en œuvre aujourd'hui et serviront d'inspiration pour toute une génération de leaders en matière d'environnement à venir.

Ce travail tentera d'apporter quelques réponses aux questionnements émis et nous aidera à proposer et à trouver des solutions plus adéquates qu'elles serviront comme une réflexion de base par laquelle, on arrivera à tendre la main à une nouvelle perspective sur les mécanismes de développement durable dans nos établissements scolaires. À travers durable. cette étude nous espérons aider et participer à une approche algérienne de développement

1.2 PRÉSENTATION DU THÈME:

La philosophie de l'architecture scolaire durable se concrétise à travers différentes pratiques qui ont pour objectifs de réduire l'impact négatif d'un établissement scolaire sur son environnement et de prendre soin la qualité de vie des usagers et des communautés riveraines.

La mise en œuvre de cet architecture se manifeste par un ensemble de choix de techniques, des méthodes de gestion, la sélection des matériaux employés et l'organisation interne des fonctions et des espaces, afin de maîtriser, en particulier, la

consommation d'énergie et l'aménagement du cadre de vie des usagers. Ce choix doit compter que sur les données climatologiques et environnementales de la zone d'intervention, pour concevoir une architecture confortable adaptée au lieu.

Dans cette optique, notre travail de master 2 consiste à concevoir un collège durable tient compte des conditions climatiques de la ville de Ain-Ouessara tout en mettant l'accent sur le confort visuel et la qualité de l'air.

1.3 PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE:

Dans le secteur du bâtiment, la contrainte environnementale pousse les concepteurs en particulier les Architectes à s'orienter vers un modèle de développement plus durable et plus viable, en s'inscrivant dans la logique du développement durable qui consiste à concilier les impératifs sociaux et humains avec les progrès économiques et le meilleur respect des équilibres écologiques. Ainsi que préserver le droit des générations futures à un environnement de qualité.

Entant que concepteurs des bâtiments, nous devons continuer à assurer l'abri et le confort des usagers de l'espace construit, et de plus, faire en sorte que l'impact du bâtiment sur l'environnement soit minimisé.

L'Algérie a été particulièrement vulnérable aux changements climatiques et au réchauffement de la planète qui a marqué le 20^{ème} siècle . Étant donné que c'est un pays en voie de développement, la création des nouvelles cités d'habitation s'accompagne obligatoirement par la construction des nouveaux établissements scolaires. Ces derniers sont conçus d'une manière anarchique sans tenir compte de la diversité climatique, ce qui conduit à la hausse de consommation de l'énergie non renouvelable consacrée au chauffage actif et à l'éclairage artificiel. Et ainsi à la dégradation de la qualité de l'air à l'intérieur de ces établissements.

Parmi les régions qui reconnaissent actuellement une forte urbanisation la ville d'Ain-Ouessara située dans la région des Hauts plateaux caractérisée par un climat semi aride : froid en hiver et chaud en été. Toutes les infrastructures scolaires construites sans tenir compte des contraintes climatiques et environnementales de cette région.

Nous essayons à travers notre travail de Master 2 de répondre aux questions suivantes :

- Comment peut-on concevoir un établissement scolaire durable dans les zones semi-arides ?
- Comment Peut-on rapprocher l'élève à son environnement pour s'orienter vers un développement écologique durable le renvoyant à une utilisation raisonnable de ressources naturelles existantes ?

1.4 OBJECTIF GENERAL DE LA RECHERCHE:

Notre étude s'inscrit dans une recherche de compréhension systémique entre les territoires et la manière dont les établissements scolaires peuvent être :

- Pensés (organisation, conception) ;
- Construits (matériaux, méthodes, ressources) ;
- Vécus (usage, confort).

L'objectif de cette étude est de concevoir un projet architectural qui est un collège d'enseignement moyen de capacité de 600 élèves, situé à la ville d'Ain-Ouessara ; dont la méthodologie de projection architecturale est faite suivant une approche méthodologique écologique et durable qui constitue un sujet d'actualité. Cette approche permet d'assurer le confort visuel et la qualité d'air aux usagers afin de refléter une originalité conceptuelle par rapport à un climat semi-aride.

1.5 MÉTHODOLOGIE D'APPROCHE:

Cette recherche tentera d'atteindre les objectifs tracés, en adoptant une démarche claire qui repose sur six axes, à savoir :

➤ **La recherche thématique et bibliographique :**

Une récolte de tous les documents (livres, revues, mémoires et sites webographies...etc.) qu'ils ont une relation étroite avec le sujet de recherche pour faire sortir toutes les connaissances reliées à notre thème.

➤ **L'analyse des exemples :**

Une étude analytique qui nous permettra une connaissance plus approfondie sur l'application des stratégies de développement durable dans les établissements scolaires, et nous aide enfin à proposer des solutions adéquates et des réponses à nos questionnements.

➤ **L'Analyse de contexte d'intervention :**

Une exploration de la zone d'étude, permet de déterminer les influences du site sur les données microclimatique, en effet, la topographie, la végétation, la présence d'eau, peuvent avoir un effet déterminant sur le rayonnement solaire, la vitesse et la direction du vent ainsi l'humidité et température de l'air.

➤ **La réponse architecturale :**

Le but de cette partie est de procéder à la méthodologie de la projection architecturale (conception du projet) prenant en considération les différentes conclusions tirées des chapitres précédents.

➤ **Les détails techniques:**

Cette partie consiste à définir le système constructif du projet ainsi que les aspects environnementaux adoptés,

➤ **La simulation :**

Une évaluation du confort visuel ainsi que la qualité d'air d'un espace choisi du projet, par un logiciel de simulation défini.

➤ **La conclusion générale :**

Est une réponse à la question posée dans notre problématique, elle sert comme une synthèse qui englobe tout les volets de travail.

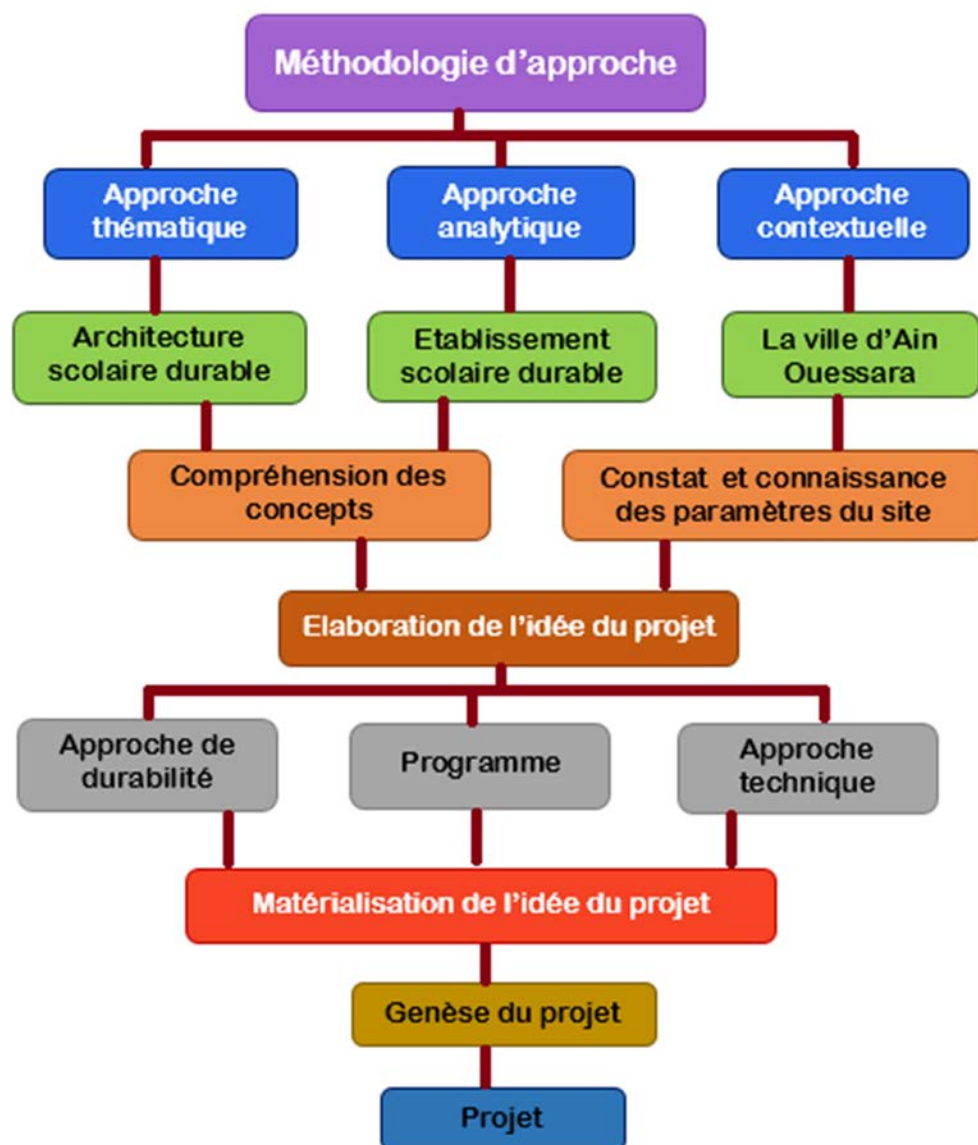


Figure 1 : organigramme de méthodologie d'approche
[Source : Auteurs]

*2 APPROCHE
THEMATIQUE*

INTRODUCTION :

La recherche de la qualité environnementale est une attitude ancestrale visant à établir un équilibre harmonieux entre le bâtiment et la nature qui l'entoure, pratiquée par nécessité pendant des années en particulier dans l'architecture durable. Ce chapitre vise à comprendre ce terme, ses concepts ainsi que ses principes, qui sont des éléments déterminants de la réussite du projet

2.1 DEFINITION DES CONCEPTS LIES A L'ARCHITECTURE SCOLAIRE DURABLE :

2.1.1 Développement durable :

Un développement social, économique, et politique qui répond aux besoins présents sans compromettre la capacité des générations future à satisfaire leur propre développement¹. (Voir figure7).

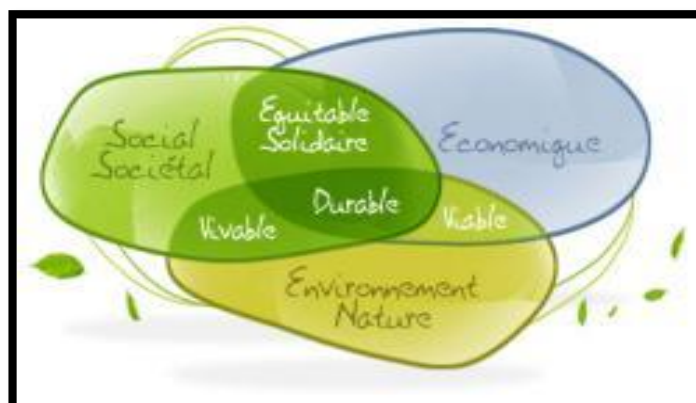


Figure 2 : Les piliers du développement durable

[Source : http://www.bio_a_la_lune.com]

2.1.2 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 et des communautés riveraines².

1. Objectifs de l'architecture durable :

- Amélioration de bien-être et protection de santé et de planète.
- Promotion de l'équilibre et durabilité des ressources naturelles.
- Favorisation de l'économie sociale.

¹La commission mondiale sur le développement et l'environnement, *Rapport Brundtland* (1987) « Notre avenir à tous ».

²Agence Laurent Bansac Architecte, (2011), « *Architecte de bâtiment* », Fluorcom.



Figure 3: Vision et valeurs de l'architecture durable

[Source : P-Neema .DPLG, (2010), « le développement et l'architecture durable », Paris].

2. Historique de l'architecture durable :

Depuis la fin des années 60, l'humanité a pris en conscience qu'elle vivait dans un monde clos aux ressources limités, la première conférence internationale sur l'environnement de Stockholm en 1972 apparait comme un symbole de cette prise en conscience.

Un an plus tard, le premier choc pétrolier illustre à son tour un problème trop souvent éludé malgré les avertissements que synthétisait le premier rapport du « Club de Rome » ; l'épuisement des ressources était bien une réalité même s'il s'agissait d'un problème d'approvisionnement lié à des considérations géopolitiques.

A travers ces deux aspects, la « commission mondiale sur l'environnement et le développement de » de l'ONU³ pouvait dans son rapport intitulé « Notre avenir à tous » dit « *Rapport BRUNTLAND* » en 1988 proposer que les nations adoptent officiellement la notion « *sustainable development* » dont la difficile traduction française « Développement durable ».

Cette notion fait apparaître la nécessité d'une double solidarité ; solidarité entre tous les peuples de la planète et solidarité entre les générations, chaque acteur de chaque secteur de la vie économique se trouve donc confronté à la responsabilité qui lui incombe dans la gestion globale des ressources et de l'environnement.

Pour le bâtiment (secteur résidentiel et tertiaire) le concepteur devra continuer à assurer l'abri et le confort de l'utilisateur comme on le rappellera plus loin, mais

³ ONU : organisation des nations unies

devra, de plus faire en sorte que l'impact du bâtiment sur l'environnement soit minimisé.

L'évolution des idées et du concept de développement durable durant les années 90 amène à une notion encore plus globalisante faisant intervenir en outre les liens avec la santé et la gestion des différentes étapes de la vie du bâtiment. C'est le « bâtiment durable ». ⁴

3. Rôles de l'architecture durable :

L'architecture durable permet de concevoir, construire, exploiter et enfin démanteler des bâtiments qui :

- 🏠 Fournissent une sécurité optimale contre les catastrophes Naturelles.
- 🏠 Réduisent les déchets domestiques et de construction.
- 🏠 Sont économes en énergie et en ressources.
- 🏠 Réduisent la consommation de l'eau.
- 🏠 Recyclent les eaux usées quand cela est possible
- 🏠 Tirent le meilleur parti des matériaux inoffensifs pour l'environnement.
- 🏠 Offrent un environnement intérieur approprié: qualité de l'air, lumière, acoustique et esthétique spécifiques.

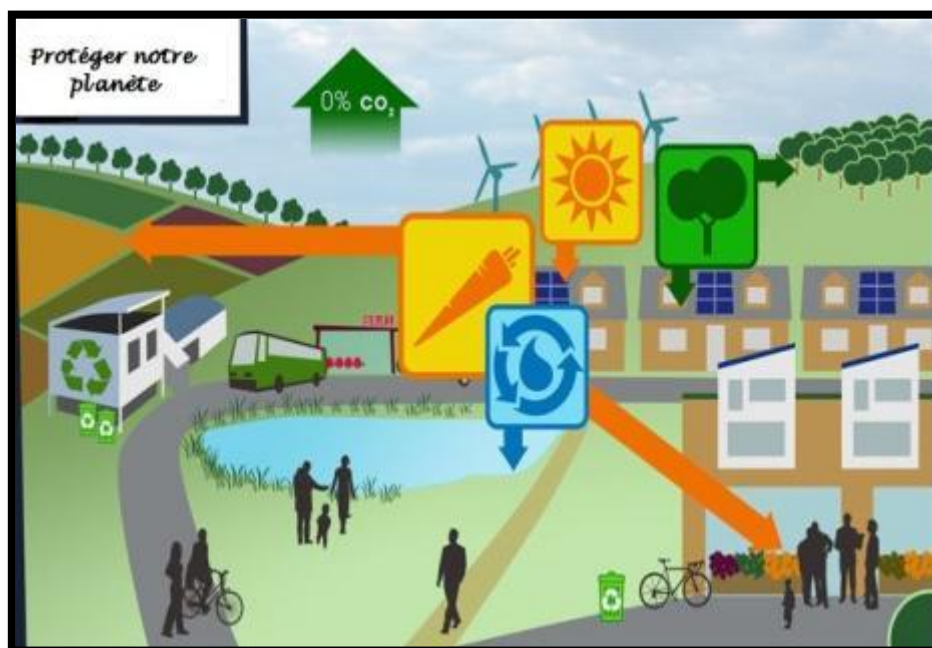


Figure 4: schéma exemplaire d'un quartier écologique.

[Source : Moreau. I et Tardivon. C, (2007), « Développement durable et architecture responsable », CNOA. Paris.]

⁴ Chatelet. A, Fernandez. P, Lavigne. P, (1998), « Architecture climatique ; une contribution au développement durable ». Tome 02 .Edisud, Aix-en-Provence.

4. Principes d'une conception durable :

Pour réduire les besoins énergétiques et offrir un confort optimal aux occupants, il faut :

a. Prendre en compte :

- ☞ L'ensoleillement et la température.
- ☞ Le relief et la végétation :
- ☞ La pluviométrie et les vents
- ☞ Les sources d'énergie disponibles

b. Et veiller à :

➤ L'implantation et l'orientation :

Cette étape détermine en effet, les apports solaires, l'éclaircement, l'aération naturelle, les déperditions énergétiques dues au vent.

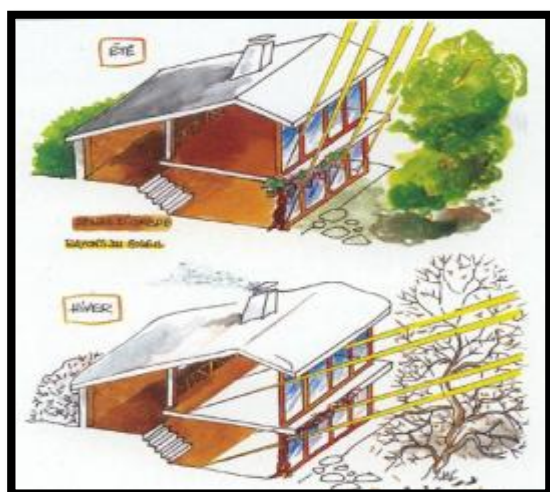


Figure 6: construction respectueuse du climat.
[Source : Guide de l'éco construction .D- Béguin. ADEM .Lorraine 2006]

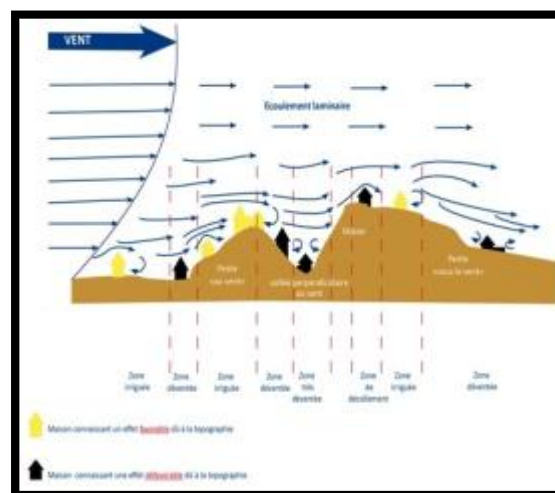


Figure 5: la ventilation naturelle du aux vents en fonction du relief du site
[Source : http://www.Comprendre_choisir.com]



Figure 7: Les aménagements utiles pour se protéger du rayonnement solaire
[Source : La construction durable à portée de main. W- El baba .Bayrût .2010]

➤ **La forme architecturale :**

L'enveloppe du bâtiment doit être la plus compacte possible. Plus les surfaces extérieures sont réduites plus les déperditions sont limitées.

➤ **Les matériaux :**

Utiliser des matériaux à forte inertie (restituent l'énergie la nuit), privilégier des matériaux peu polluants, issus de ressources renouvelables.

➤ **L'isolation performante :**

Une bonne étanchéité à l'air, la suppression des ponts thermiques et l'aménagement de zones tampons du côté nord, ainsi que la réduction des surfaces vitrées sur les façades exposées au froid diminuent les pertes de chaleur.

2.1.3 Architecture bioclimatique :

Un mode de conception architecturale qui recherche la meilleure adéquation possible entre le climat, le bâtiment et le confort de l'occupant :

- **Bio :** se focalise sur la vie quotidienne des occupants.
- **Climatique :** conçu en harmonie avec son environnement⁵.

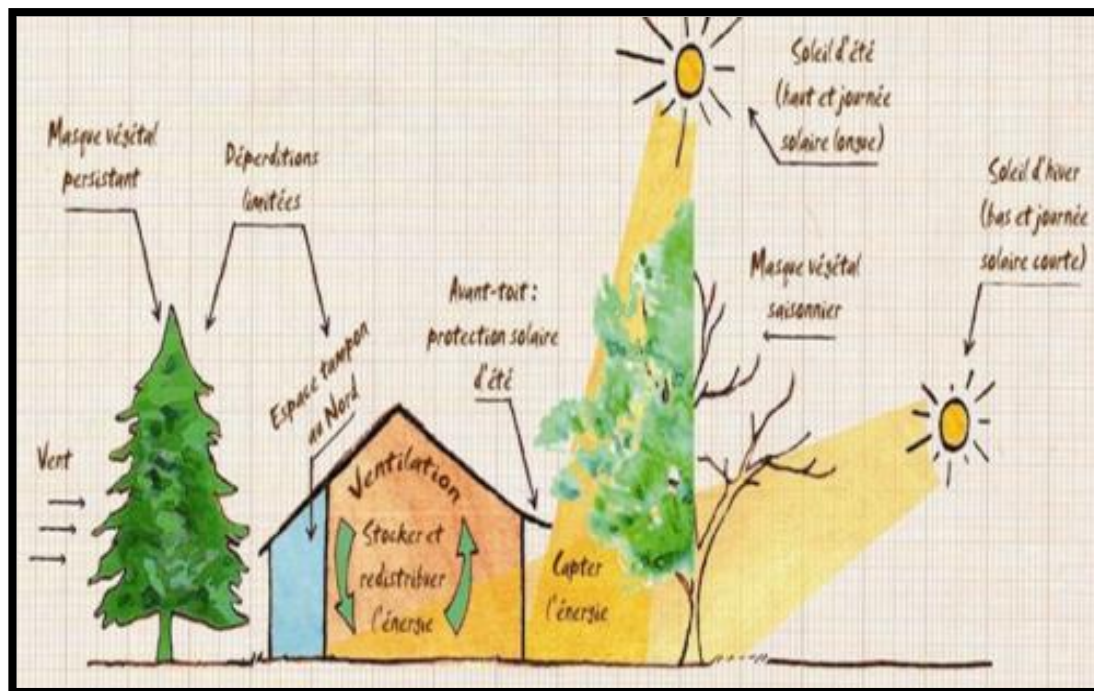


Figure 8 : Les notions de l'architecture bioclimatique.
 [Source : W- El baba .Bayrût (2010) « La construction durable à portée de main »]

⁵Conseil régional de l'environnement de la Montérégie, (2003), « Lexique de développement durable ».

2.1.4 Architecture écologique :

Un mode de conception et de réalisation ayant pour préoccupation de concevoir une architecture respectueuse de L'environnement et de L'écologie.⁶

2.1.5 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 bâtiment⁷. (Voir figure 9)

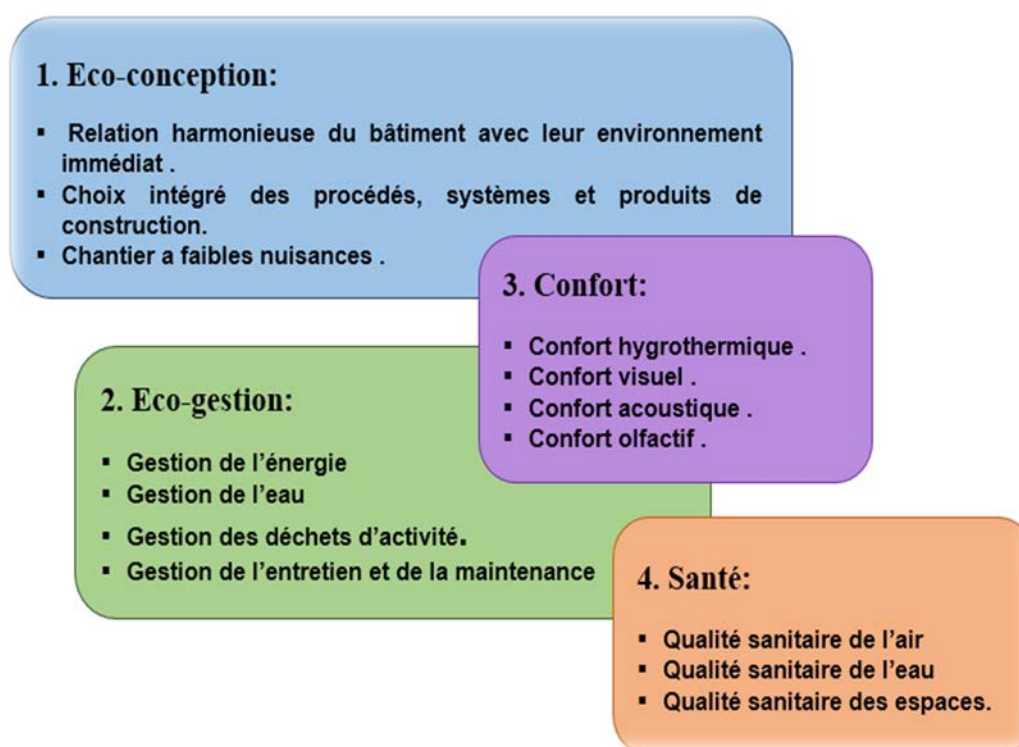


Figure 9: Les quatorze cibles de la haute qualité environnementale

[Source : http://www.bio_a_la_lune.com]

2.2 ECO-ECOLE :

Est un label décerné aux écoles élémentaires, collèges et lycées qui s'engagent vers un fonctionnement éco-responsable et intègrent l'éducation au développement durable dans les enseignements⁸.

⁶ Jean-Pierre.O, Bosse-Platiere.A, AUBERT. C, 2002, « *Maisons écologiques d'aujourd'hui* », édition Terre vivante,

⁷ HQE association. ADEME,(Mars 2010), « *La qualité environnementale des bâtiments* ».

⁸Extrait du site internet http://www.éco_école.fr

2.3 EDUCATION AU DEVELOPPEMENT DURABLE :

Un programme permet d'appréhender le monde contemporain dans sa complexité, en prenant en compte les interactions existant entre l'environnement, la société, l'économie et la culture⁹. (Voir figure 10)

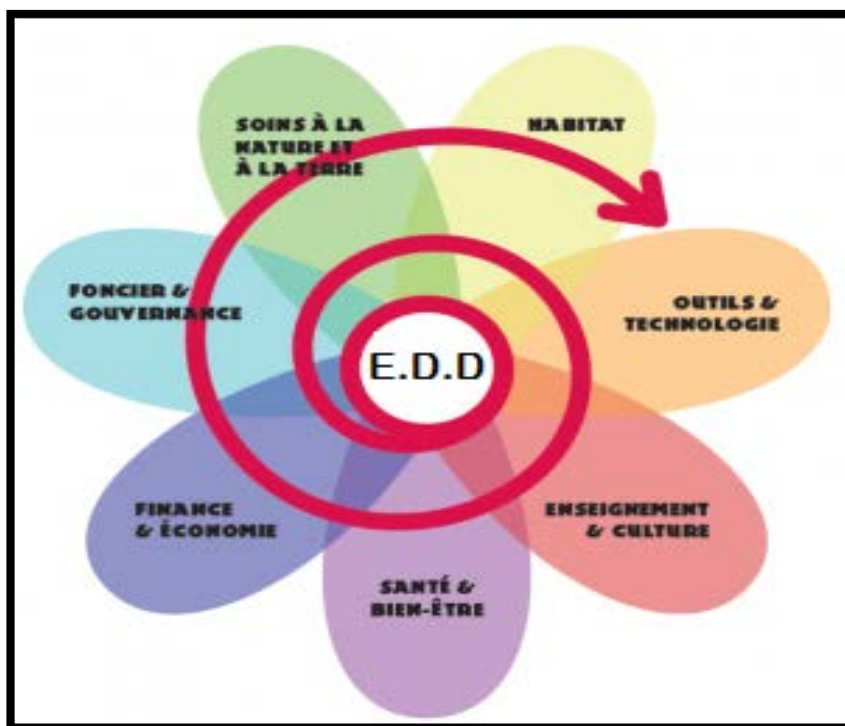


Figure 10: Les valeurs de l'éducation au développement durable
[Source : http://www.charte_eco_responsabilite.com]

2.4 ROLES DES ETABLISSEMENTS SCOLAIRE DURABLE :

Certains avantages portent sur les problèmes particuliers auxquels doit faire face chaque conseil ou communauté scolaire alors que d'autres avantages sont universels:

- **Efficacité énergétique** : la réduction de la consommation d'eau et d'énergie.
- **Durabilité financière** :

Les établissements scolaires durables coûtent non seulement moins cher à exploiter, mais elles permettent également de recouvrer leurs coûts de construction supplémentaires plusieurs fois au cours de la durée de vie du bâtiment.

⁹Recueil des acteurs de l'éducation au développement durable. Grand-Duché .Luxembourg .2011

➤ **Promotion de la gérance de l'environnement :**

Un établissement scolaire durable et ses systèmes peuvent parvenir à mobiliser les élèves en mettant en œuvre des programmes actifs de gestion de l'énergie et de réduction des déchets.

➤ **Démontrer la viabilité environnementale :**

Les établissements scolaires durables seront également le théâtre d'une démonstration de nouveaux matériaux, produits et technologies efficaces et économiques destinés au reste de la communauté.

➤ **Favoriser la réussite des élèves :**

Les établissements scolaires durables peuvent fournir des environnements pédagogiques plus propices à l'apprentissage grâce à l'amélioration de l'acoustique, de l'éclairage, de la température et de la qualité de l'air

2.5 DEFINITION DES CONCEPTS LIEES A LA VENTILATION NATURELLE:

Les principaux critères à prendre en compte pour la conception de la ventilation d'une école sont liés aux besoins des occupants.

2.5.1 Température (°c) et vitesse d'air (m/s):

La vitesse de l'air introduit dans un local, conjuguée à sa température initiale pour former un " jet d'air " plus ou moins chaud ou froid, peut conduire à différentes situations dans la zone d'occupation du local, et influencer le confort et la qualité de l'air.

Dans les salles de classe, les températures d'air d'environ 22°C en hiver et 27°C maximum en été. En pratique, la vitesse¹⁰ de l'aire ne doit pas dépasser 0.2 m/s

¹⁰ Bâtiments à hautes performances énergétiques – Enseignement "Guide sectoriel ADEME/AICVF, PYC Editions, 1993

2.5.2 Humidité (%) :

Le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à une température et la quantité maximale pouvant être contenue à la même température lorsque l'air est saturé.

L'humidité relative intérieure devrait être maintenue, en toute saison¹¹, entre 30-35% et 65-70% .

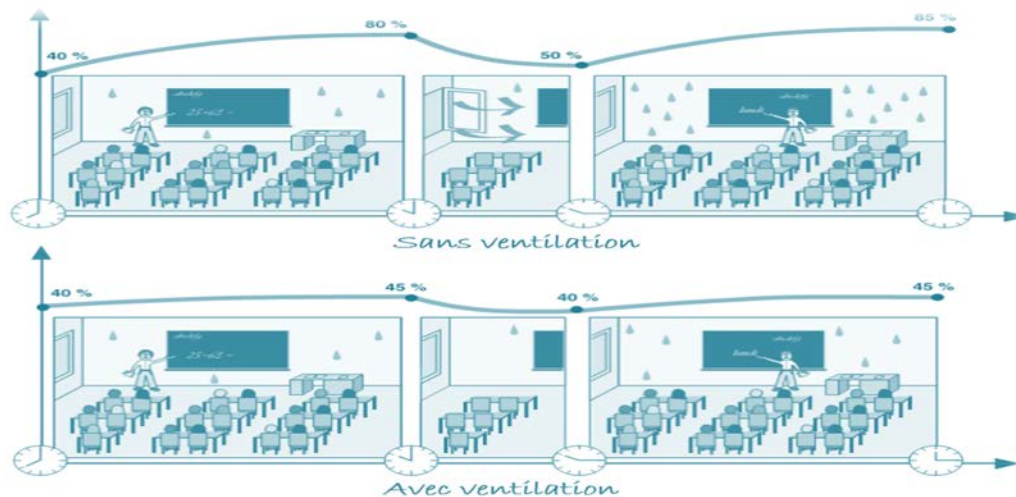


Figure 11: L'impact de la ventilation sur l'humidité

[Source : BARBARIN.C, (2001). *Ventilation performante dans les écoles*. CITIAT .France]

2.5.3 Débit d'air neuf (m³/h/pers) :

La quantité d'air neuf introduite dans un local et ramené à l'unité de temps, elle représente souvent un débit hygiénique relié au nombre de personne occupant le locale. (BARBARIN.C, 2001)

2.5.4 Taux de renouvellement d'air (v/h) :

Le ratio de débit d'air neuf soufflé dans le local à son volume, l'air neuf introduit dans les locaux a pour fonction de diluer la pollution et d'entraîner les odeurs.

Local	Débit d'air neuf (m ³ /h/pers)	Taux de renouvellement d'air (v/h)
Classe	15	3
Bureau	25	3
Bibliothèque	18	4
Laboratoire	18	5

¹¹ Le Recknagel – Manuel pratique du génie climatique – Tome 1 : Données fondamentales ” Recknagel & al. 3eme édition, Pyc Editions Livres, 1995

Salle des réunions	18	5
Salle de dessin	45	5
Salle du sport	18	4

Tableau 1: débit d'air neuf et le taux de renouvellement d'air recommandés
 [Source : BARBARIN.C, (2001). *Ventilation performante dans les écoles. CITIAT .France*]

2.5.5 Tirage thermique (Pa) :

Le principe est que l'air chaud monte car il est plus léger que l'air froid. Ce dernier se réchauffe à son tour et ainsi de suite. La pression motrice due au tirage thermique est proportionnelle à la hauteur de la conduite de ventilation et à la température entre l'intérieur et l'extérieur ¹²

2.5.6 Effet thermosiphon :

La création d'une charge motrice par différence de température entre deux parties d'une boucle, cette dernière entraînant un écoulement tel que cette charge est perdue par ' pertes de charge'. L'effet thermosiphon entraine une ventilation ascendante. ¹³

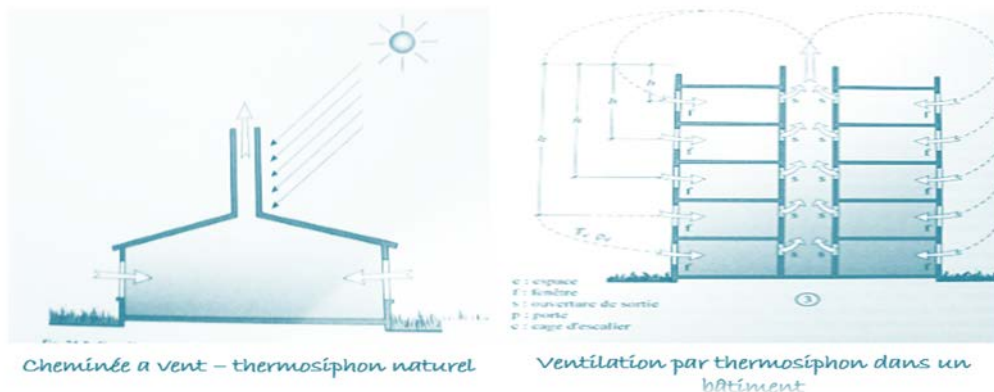


Figure 12: Ventilation par effet thermosiphon

[Source : A. Chatelet, P. Fernandez, P. Lavigne. *Architecture climatique* ; une contribution au développement durable. Tome 02 Aix-en-Provence .1998]

2.5.7 Effet de vent :

Le vent, en fonction des obstacles qu'il rencontre et de sa direction crée des surpressions et dépression de telle sorte qu'il existe des différentes pressions entre

¹² A. Chatelet, P. Fernandez, P. Lavigne. *Edisud, Architecture climatique* ; une contribution au développement durable. Tome 02 Aix-en-Provence .1998

¹³ A. Chatelet, P. Fernandez, P. Lavigne. *Edisud, Architecture climatique* ; une contribution au développement durable. Tome 02 Aix-en-Provence .1998

zones (charge motrice) tendant à provoqué un écoulement de la pression la plus haute vers la plus basse. L'effet du vent entraîne une ventilation transversale.¹⁴

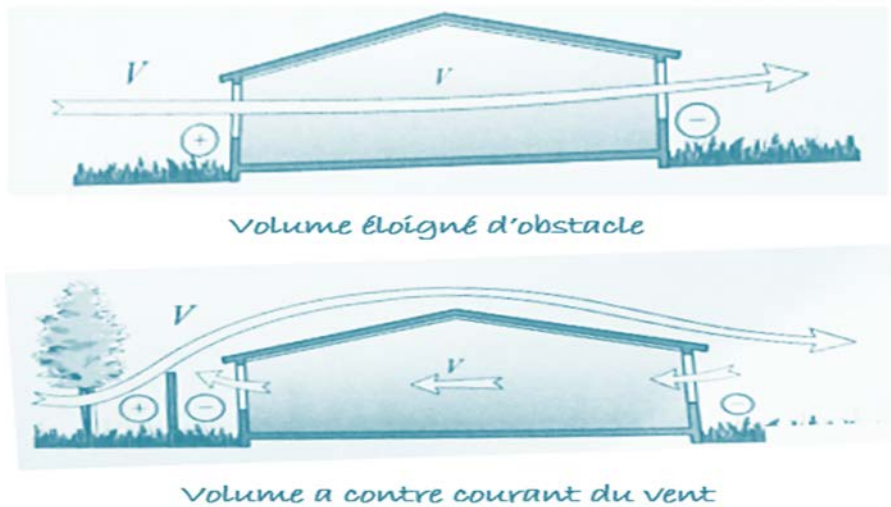


Figure 13: ventilation par effet de vent

[Source : A. Chatelet, P. Fernandez, P. Lavigne. *Architecture climatique ; une contribution au développement durable*. Tome 02 Aix-en-Provence .1998]

2.5.8 Efficacité de la ventilation :

La diffusion d'air froid est la plus délicate à traiter. Toutefois, il ne faut pas la négliger, en froid ou en chaud, la notion d'efficacité de ventilation, autrement dit la qualité du renouvellement d'air de la pièce, qui dépend notamment de l'implantation et des caractéristiques des entrées et des sorties d'air.¹⁵

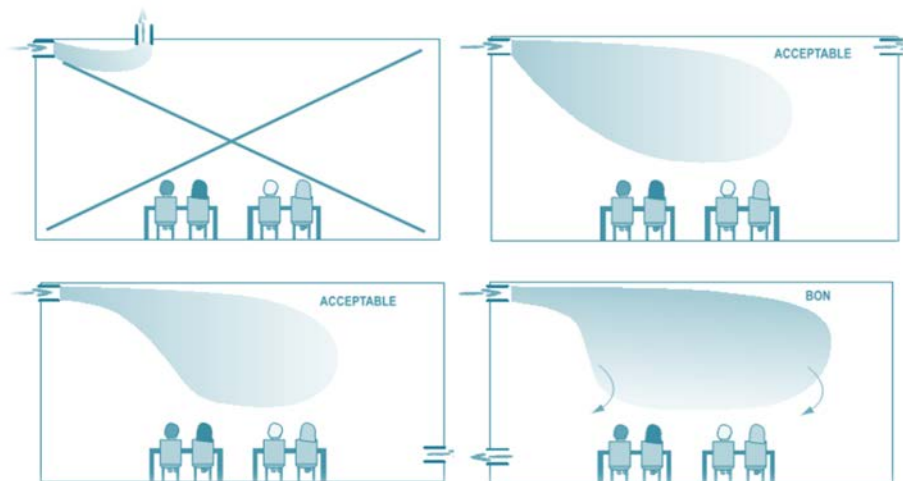


Figure 14: exemple d'efficacité de ventilation dans une salle de classe

[Source : BARBARIN.C, (2001). *Ventilation performante dans les écoles*. CITIAT .France]

¹⁴ A. Chatelet, P. Fernandez, P. Lavigne. *Edisud, Architecture climatique ; une contribution au développement durable*. Tome 02 Aix-en-Provence .1998

¹⁵ BARBARIN.C, (2001). *Ventilation performante dans les écoles*. CITIAT .France

2.5.9 Systèmes passifs de la ventilation :

Le recours aux différents types de ventilation disponibles dépend des situations. Il faut prendre en compte les facteurs extérieurs tels que le climat et l'environnement du bâtiment (sources de pollution), les contraintes de fonctionnement, les réglementations en vigueur, le type de locaux desservis...etc.

2.5.9.1 **Ventilation d'un seul côté : mono exposé :**

C'est le cas où il n'y a des ouvertures que d'un seul côté, généralement une seule façade de l'espace à ventiler, tandis que l'autre côté est cloisonné et sans ouvrants.

a) **Ouverture unique en façade :**

L'efficacité de cette configuration étant faible, il faut se limiter, en général, à une profondeur de la pièce inférieure ou égale à deux fois la hauteur sous plafond. On considère qu'une profondeur de 6 mètres est le maximum pour avoir une ventilation efficace dans toute la zone.¹⁶

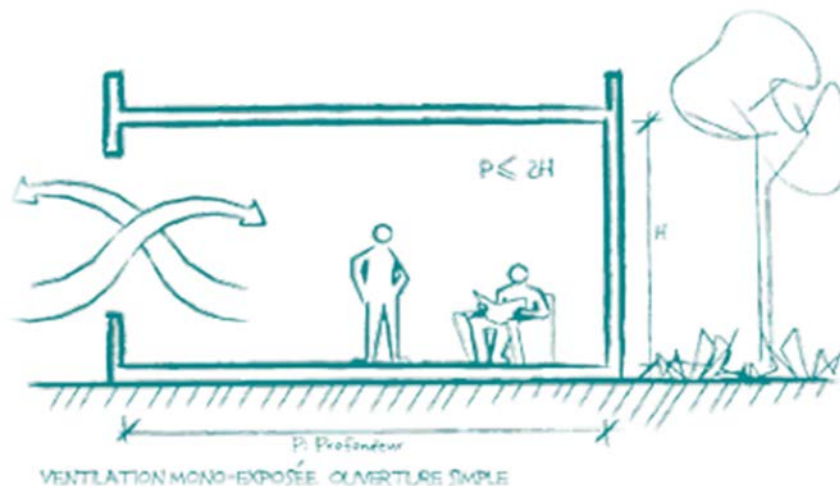


Figure 15: ventilation transversale

[Source : *Natural ventilation in non domestic buildings*. Guide CIBSE, 2005]

b) **Deux ouvertures en façade :**

Deux ouvertures placées à une hauteur différente. Dans ce cas, le tirage thermique est renforcé, car il y a une séparation physique entre l'entrée et la sortie d'air, ce qui facilite la mise en place du débit d'air.

2.5.9.2 **Ventilation transversale :**

La ventilation transversale correspond au cas où l'air entre par une façade du bâtiment et ressort par une façade différente, généralement du côté opposé. La règle

¹⁶ *Natural ventilation in non domestic buildings*. Guide CIBSE, 2005

est de se limiter à une profondeur inférieure à 5 fois la hauteur sous plafond (15 m environ), La ventilation transversale concerne des bâtiments assez linéaires, ou bien qui disposent d'une cour intérieure. (Voir figure 27)

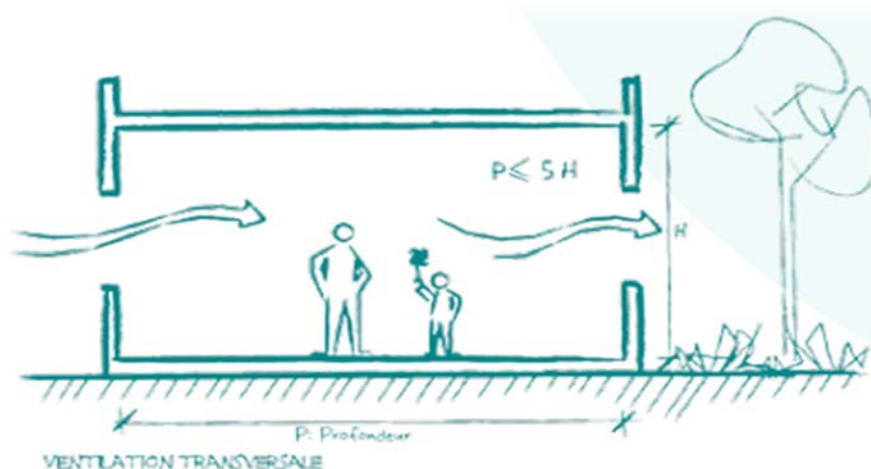


Figure 16: ventilation mono-exposée, ouverture simple
 [Source : *Natural ventilation in non domestic buildings*. Guide CIBSE, 2005]

2.5.9.3 Capteur de vent :

C'est une sorte de cheminée montée en toit qui capture le vent à grande hauteur, où la vitesse du vent, et donc la pression dynamique du vent, est généralement plus élevée. L'écart de pression étant alors plus important, le débit de ventilation s'en trouve augmenté.

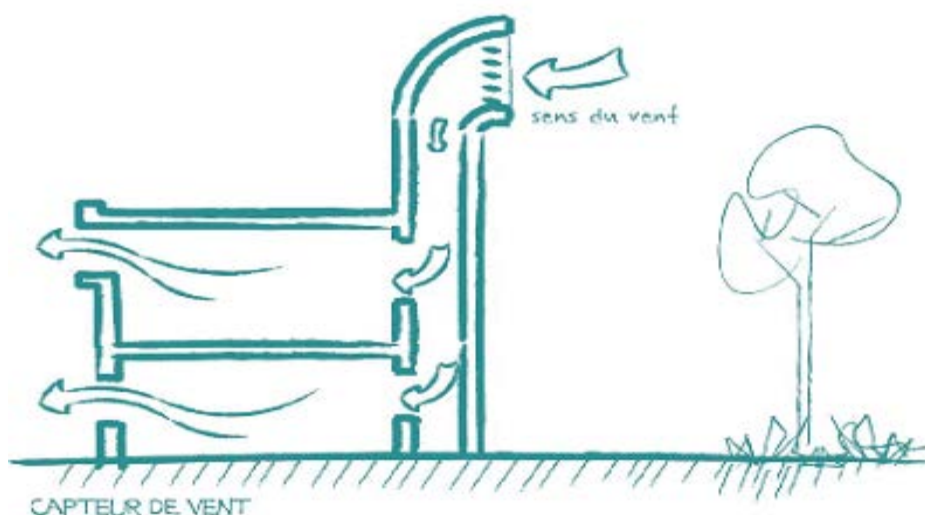


Figure 17: ventilation par capteur de vent
 [Source : *Natural ventilation in non domestic buildings*. Guide CIBSE, 2005]

2.5.9.4 Ventilation par cheminées :

C'est une ventilation qui repose sur l'effet de tirage thermique, et qui peut être assistée par le vent si la sortie est conçue pour être toujours dans des zones de

pression négative. La ventilation se fait dans l'espace ciblé, puis est extraite le long de conduits verticaux. C'est un cas de ventilation transversale, donc la règle de moins de cinq fois la hauteur sous plafond pour la longueur de la zone ventilée s'applique également ici.

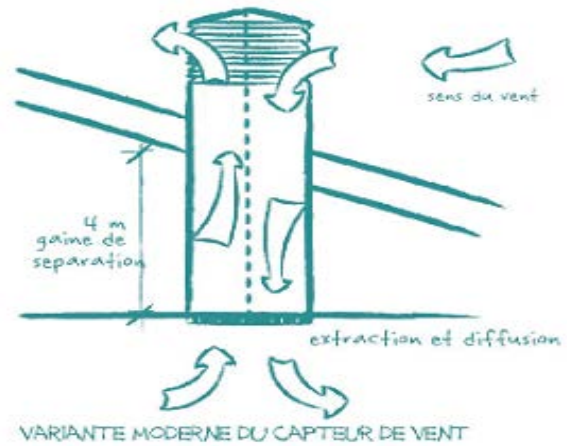
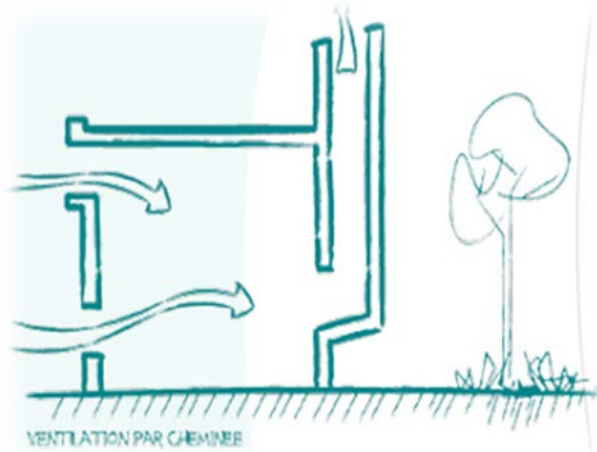


Figure 19: ventilation par cheminée
 [Source : *Natural ventilation in non domestic buildings*. Guide CIBSE, 2005]

Figure 18: Variante moderne du capteur de vent
 [Source : *Natural ventilation in non domestic buildings*. Guide CIBSE, 2005]

2.5.9.5 Ventilation par atrium :

L'atrium permet de remplir de nombreuses fonctions, en amenant de la lumière naturelle notamment. Il joue également un rôle dans la ventilation naturelle, car il agit comme une cheminée solaire géante. De plus, l'intérêt de l'atrium est que le volume de bâtiment que l'on peut ventiler naturellement est doublé par rapport au cas précédent de la cheminée placée sur un côté, puisque l'entrée d'air se fait des deux côtés du bâtiment, tandis que l'extraction se fait au milieu

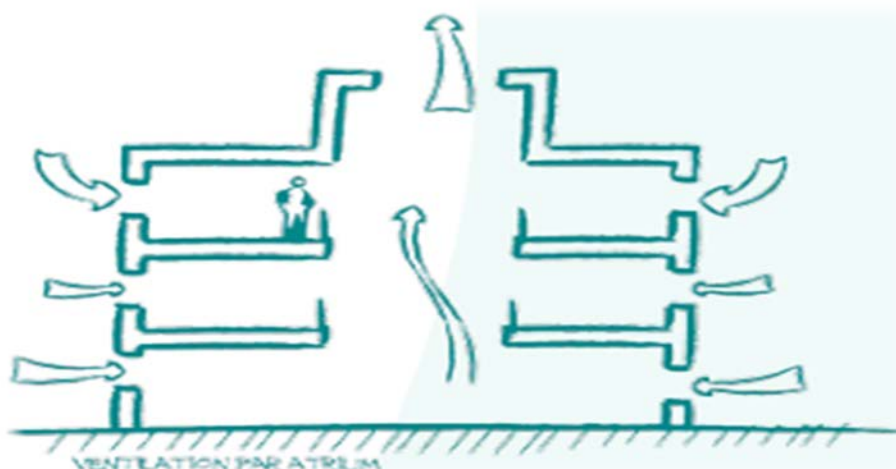


Figure 20: la ventilation par atrium
 [Source : *Natural ventilation in non domestic buildings* ». Guide CIBSE, 2005]

2.5.9.6 Ventilation par façade double peau :

Ce choix de conception est judicieux lorsqu'il s'agit de répondre à un certain nombre de contraintes, tels qu'un grand pourcentage de vitrage, pas de dispositifs extérieurs d'ombrage, ou bien lorsque les matériaux de façade nécessitent d'être protégés .

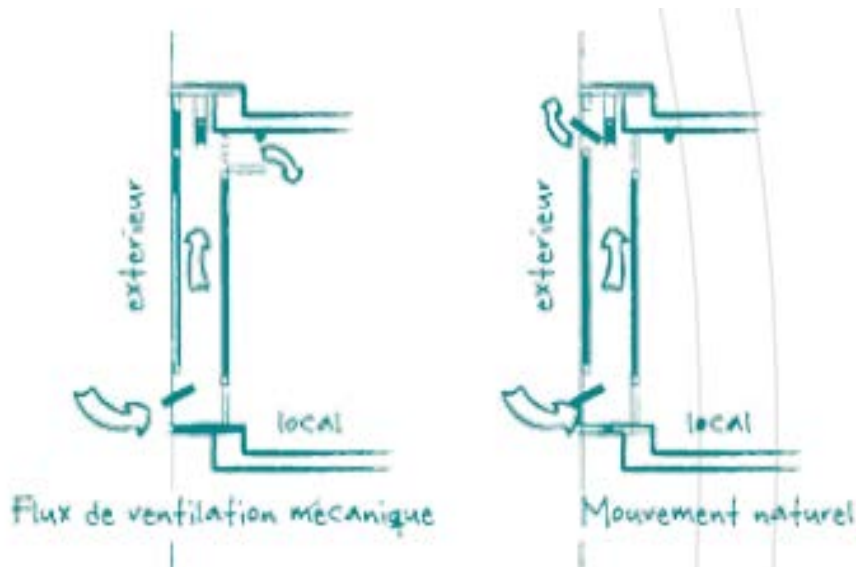


Figure 21: Ventilation par façade double peau

[Source : Natural ventilation in non domestic buildings ». Guide CIBSE, 2005]

2.5.9.7 Ventilation par puits canadiens :

L'air transite par de longs conduits qui passent dans la terre. Ceci permet de tempérer l'air par échange avec la terre : en hiver, l'air froid est réchauffé et en été l'air chaud est rafraîchi.

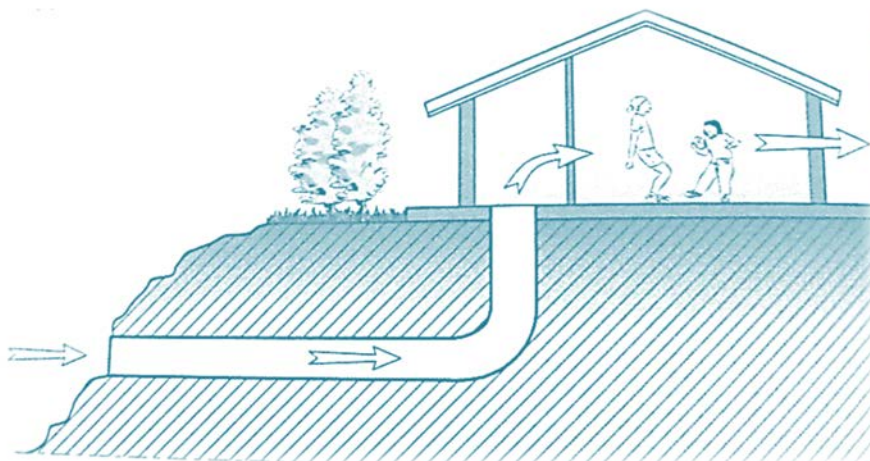


Figure 22: la ventilation par puit canadien

[Source : A. Chatelet, P. Fernandez, P. Lavigne. Edisud, *Architecture climatique* ; une contribution au développement durable. Tome 02 Aix-en-Provence .1998]

2.6 SYNTHESE :

Toutes les appellations précédentes répondent à la même préoccupation : concevoir une architecture plus respectueuse de l'environnement. Mais chacune relève d'une période, parfois d'un pays donné et répond souvent à des logiques différentes. Certaines s'intéressent surtout à la technologie et à la gestion, d'autres privilégient la santé de l'homme, d'autres encore placent le respect de la nature au centre de leurs préoccupations.

La meilleure solution pour étendre le terme de développement durable, est de construire des écoles durables, ou le bâtiment lui-même peut constituer un outil de formation pour la prochaine génération.

La maîtrise de la ventilation et de l'éclairage naturel, s'inscrit dans le contexte d'une réduction des consommations d'énergie et d'une amélioration de confort des bâtiments. Toute solution doit être adaptée au contexte local, à la fois climatique, urbain, technique et économique

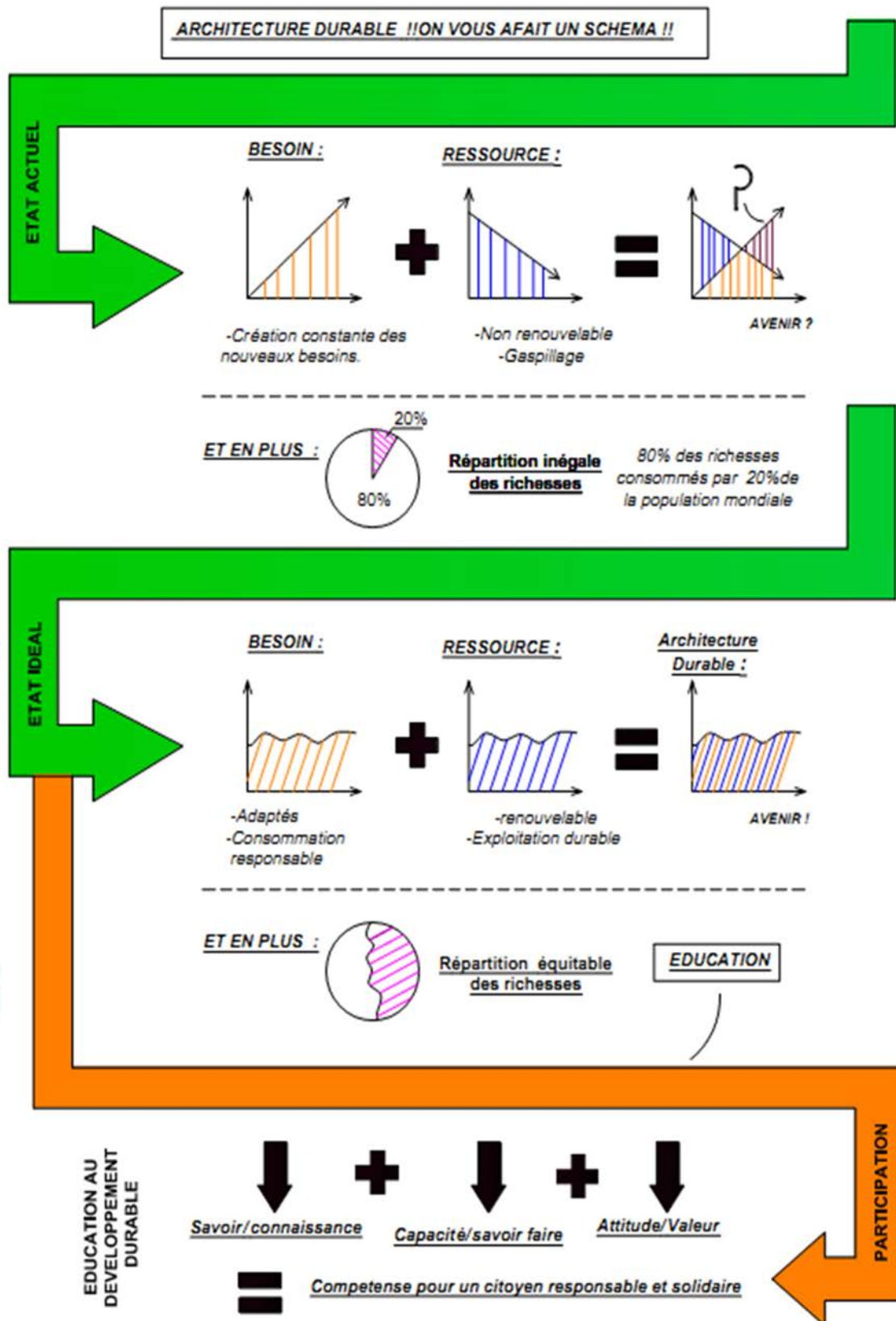


Figure 23: les avantages de l'architecture scolaire durable
[Source : Auteurs]

*3 APPROCHE
ANALYTIQUE*

INTRODUCTION :

Le but premier de la construction d'un bâtiment éducatif est d'assurer protection, confort et sécurité. Satisfaire à ces trois exigences demande à l'architecte de résoudre une quantité de problèmes. Le présent chapitre se contente d'apporter, dans ce domaine, les notions qui aideront des architectes à ; intégrer au mieux ses projets à son environnement et son climat, les rends confortables et respectueux de l'environnement et à réduire sa consommation énergétique.

3.1 EXMPLE 01 : COLLEGE PIERRE DELEY A « MARSEILLAN » :

3.1.1 Présentation du projet :

- ☞ **Projet** : Collège Pierre Deley
- ☞ **Situation** : Marseillan, France
- ☞ **Année** : 2003
- ☞ **Architecte** : A.Mireille et F.Condat
- ☞ **Superficie** : 34568 m²
- ☞ **Capacité** : 600 élèves
- ☞ **Budget** : 6 500 000 €



Figure 24: Entrée principale du collège Pierre Deley
[Source : QE. Département hérault.2009]

☞ **Programme :**

Le programme prévoit un collège en R+1 avec 33 salles de classes et des dépôts associés à l'étage. Les locaux d'accompagnement (Accueil, centre de documentation et d'information, Vie scolaire, Orientation, Salle polyvalente), les locaux enseignants, le service santé, la maintenance et la demi-pension ont été prévus en rez-de-chaussée.

3.1.2 Aspect Architectural, fonctionnel et paysager :

3.1.2.1 Situation :

Le projet se situe au Nord-Ouest de la ville, en zone périurbaine, avec un environnement viticole ayant vocation à accueillir des potentialités d'urbanisation future.

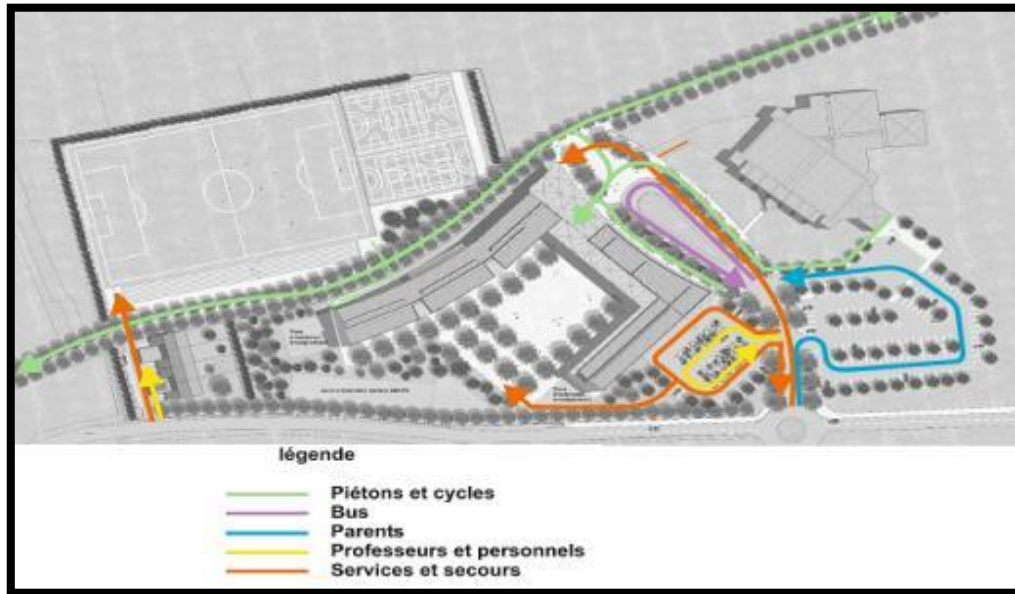


Figure 28 : Dessertes du collège Pierre Deley

[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

3.1.2.3 Organisation spatiale du projet :

Les architectes ont choisi de privilégier les orientations des bâtiments nord/sud en le disposant en forme de U autour de la cour .L'aile nord reçoit la salle de documentation et les bureaux des enseignants et les foyers ouverte vers la cour en liaison avec le plateau sportif. L'aile sud abrite la salle de restauration et les locaux techniques. Les étages sont occupés par les salles d'enseignement.

a) Les Plans :



Figure 29 : Plan Rez de chaussée du collège Pierre Deley

[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]



Figure 30 : Plan 1^{er} étage du collège Pierre Deley

[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

3.1.3 Système constructif et matériaux :

La structure porteuse du bâtiment est une structure mixte (béton et acier) Les murs sont en brique isolés intérieurement par polystyrène. et parfois en voile béton



Figure 31: Plan de structure du collège Pierre Deley

[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

3.1.4 Texture et couleurs :

Le blanc de l'enduit domine, souligné par la teinte rouge vif des portes et par le bleu des garde-corps. Les sols des classes sont revêtus de PVC. L'usage d'une palette de couleurs aux tons acidulés offre à la fois une diversité d'ambiances, -couleurs froides au sud, chaudes au nord- et facilite le repérage par classe et par niveau.



Figure 32 : Vue sur la façade intérieure
 Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006



Figure 33 : les couleurs des salles de classes
 Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006

3.1.5 Aspects liées au développement durable :

3.1.5.1 Confort :

Confort thermique :

La protection contre le vent est assurée par plusieurs rideaux d'arbres successifs au nord de la parcelle. Egalement la protection solaire des façades est assurée par la plantation de plantes dans la cour de récréation .



Figure 34: Aspect liée au confort thermique et microclimat dans le collège
 Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006

Les circulations extérieures piétonnes sont abritées du soleil, de la pluie et des vents dominants .Le débord du préau protégé les salles de classe jusqu'à 16 heures 45 à l'équinoxe et jusqu'à 18 heures 30 au solstice d'été (21 juin Une paroi coupe-vent a été construite, après la réception du collège pour minimiser l'impact du vent sur l'entrée.

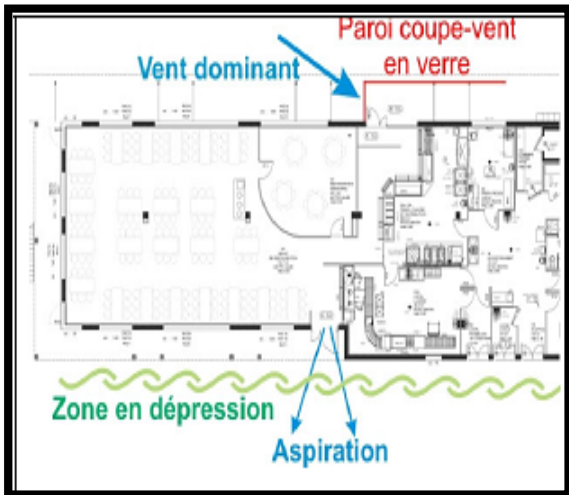


Figure 36: Dispositifs de protection du vent
 [Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

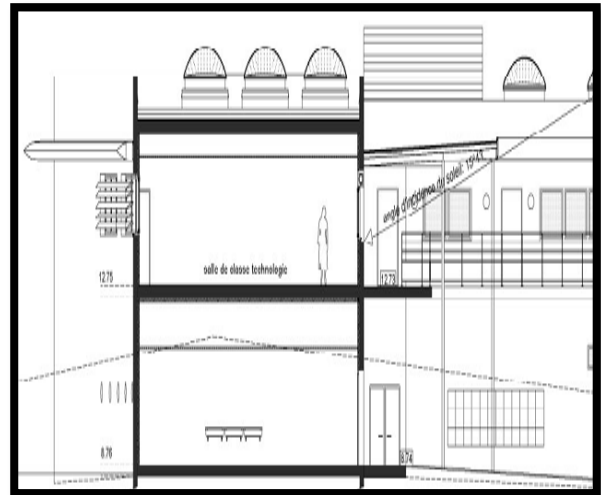


Figure 35: Coupe explicatif de confort thermique
 [Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

La ventilation double flux nocturne est de 3 volumes/h dans les salles de classe. D'autre part, de façon à limiter les déperditions et à profiter de l'inertie de la dalle, l'air vicié est extrait des faux plafonds. La ventilation naturelle assure le confort d'été.

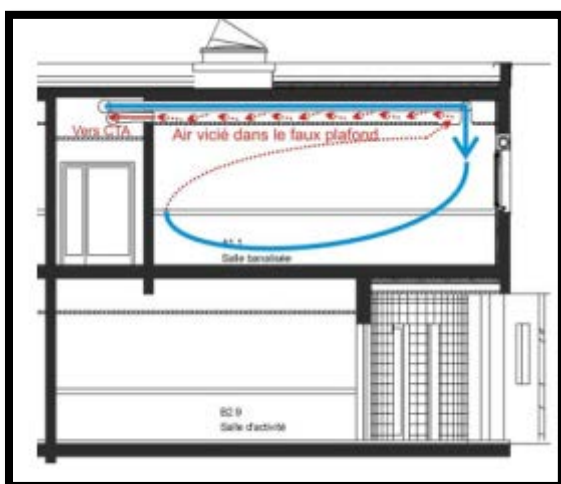


Figure 38 : coupe de la ventilation mécanique
 [Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

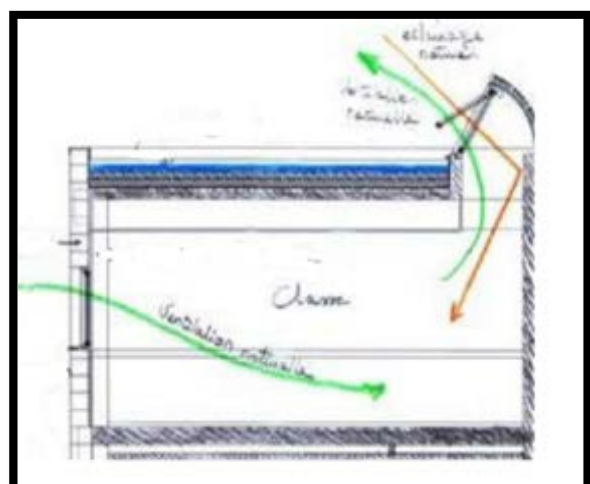


Figure 37: coupe de la Ventilation naturelle
 [Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

Confort acoustique :

L'implantation du plateau sportif entre le collège et le développement urbain futur crée un éloignement du collège vis-à-vis des futurs logements

La cour est au centre du volume en U, isolée des bruits extérieurs et ne créant pas de nuisances sur l'environnement immédiat, les zones plus calmes sont orientées à l'opposé des zones bruyantes.

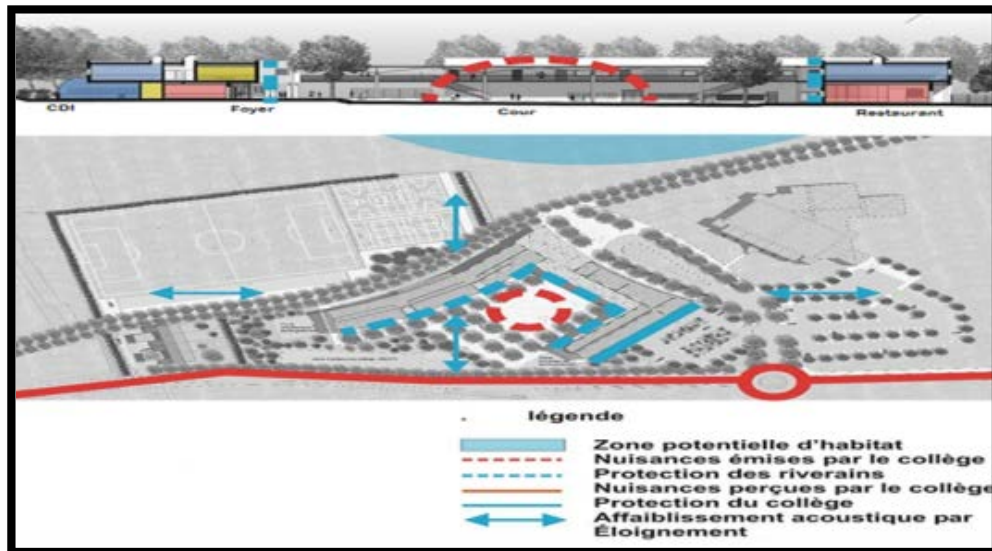


Figure 39 : étude des nuisances sonores au niveau du collège

[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

Confort Visuel :

Certaines espaces bénéficient d'une triple orientation et elles sont généreusement éclairées par des vitrages horizontaux sur trois hauteurs offrant une large vision sur l'extérieur.

La plupart des classes en complément des fenêtres classiques, sont pourvues de puits de lumière qu'augmente leur confort visuel.



Figure 40 : vitrage translucide (bibliothèque)
[Source : QE. Département hérault.2009]



Figure 41 : fenêtres horizontales (réfectoire)
[Source : QE. Département hérault.2009]

C.1) L'éclairage :

La lumière est répartie de façon relativement homogène. Les circulations bénéficient d'un éclairage naturel par les portes vitrées en bout et par des voiles dômes situés au niveau des accès des salles de classe/dépôts .

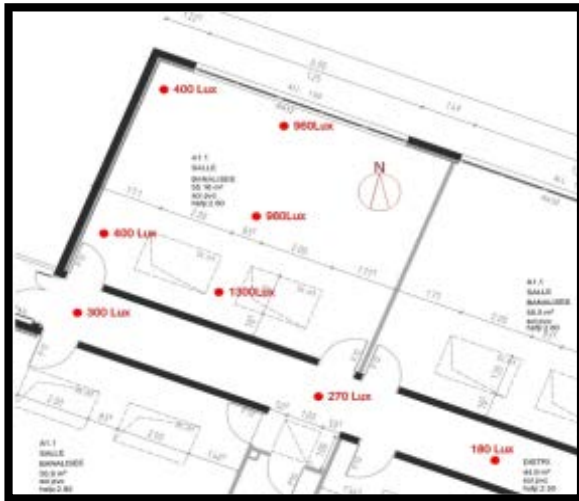


Figure 43: étude d'éclairage dans le couloir
 [Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

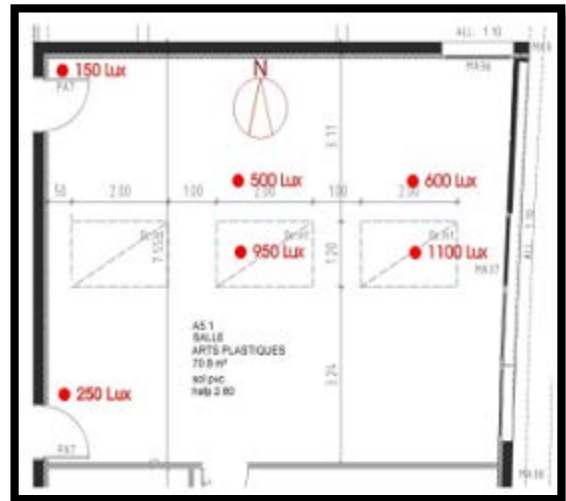


Figure 42: étude d'éclairage dans une salle
 [Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

C.2) L'intensité lumineuse :

De 3000 à 12 000 K. les couleurs froides ont été utilisées dans les salles orientées Sud alors que des couleurs plus chaudes ont été utilisées dans les salles Nord. Elles servent aussi aux élèves pour le repérage des espaces. Les couleurs sont un élément important en architecture et en font partie intégrante. Les limiter de 3000 à 4000 K, impose une gamme rouge orangée

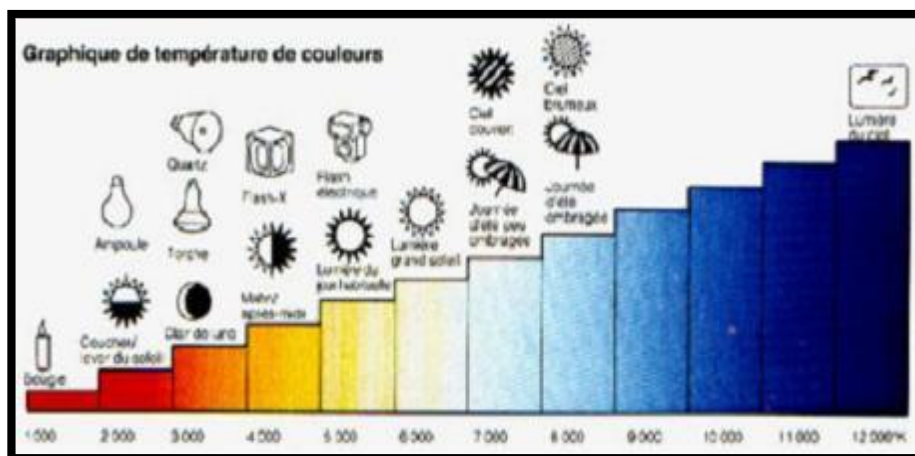


Figure 44 : Graphique de température de couleurs
 [Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

3.1.5.2 Gestion de l'eau :

Les toitures sont conçues pour stocker les eaux de pluies d'orages et les évacuer vers le réseau EP de la ville. Un système de récupération des eaux de pluies est prévu pour alimenter les sanitaires. Les eaux ruisselantes des voiries sont drainées vers un bassin de rétention sous le parking et envoyées au réseau EP après déshuilage.



Figure 45 : Récupération des eaux pluviales

[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

3.1.5.3 Gestion de l'énergie :

a) Eclairage :

L'éclairage naturel des salles de classe se fait via la façade et une série de sheds en toiture, limitant la consommation d'électricité. Il est commandé par détecteurs de présence temporisé à sécurité positive.

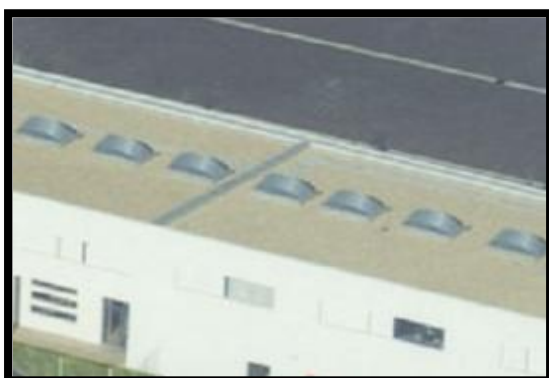


Figure 46 : vue aérienne sur le toit du collège
[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]



Figure 47 : éclairage d'une salle banalisée
[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

b) Ventilation :

Système double flux a récupération d'énergie en hiver et by-pass en été. La puissance des ventilateurs est de 1530 W en période d'occupation et de 300 W en période d'inoccupation. Le contrôle de la température est réalisé par thermostat sur la reprise. Des centrales de traitements d'air basse vitesse sont régulées automatiquement selon l'occupation,

c) Chauffage :

Le chauffage est assuré par une chaufferie au gaz naturel. Deux chaudières à faible émission de CO2 fonctionnent en cascade.

Chauffage	45 kWh/m ²
ECS	5 kWh/m ²
éclairage	15 kWh/m ²
Autres usages	15 kWh/m ²
total	80 kWh/m ²

Tableau 2 : bilan de consommation du gaz dans le collège

[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

3.1.5.4 Choix énergétique adopté :

L'orientation des bâtiments permet l'implantation de panneaux solaires de façon optimum sur les toitures. Il n'existe pas de masques présents sur le site. D'autre part, l'énergie solaire est privilégiée en phase concours pour l'eau chaude sanitaire des logements et de la cuisine. Au sud de la cuisine, les plantations d'arbres ne gêneront pas le fonctionnement de capteurs solaires

Le taux de couverture solaire pris en compte étant de 55% avec une productivité de 544 kWh/m²/an.



Figure 48 : Panneaux solaires du collège

[Source : Mémoire fin de formation en HQE. Claire Martin. Ecole d'architecture Lyon .2006]

3.1.6 Synthèse :

La démarche HQE propose de s'intéresser à 3 objectifs dans ce projet :

- Réduire les besoins de chauffage.
- Étendre les dispositifs énergétiques à l'éclairage et à la climatisation.
- Prendre en compte l'impact des sources d'énergie sur l'environnement.

Les opportunités offertes par le site, sont saisies ; les avantages et les inconvénients, sont gérés ; les nuisances entre le bâtiment, son voisinage et son site, sont réduites pour créer un cadre de vie agréable.

3.2 EXEMPLE 02 : COLLEGE LUCIE AURBAC A « BEZIERS »

3.2.1 Présentation du projet :

- ☞ **Projet** : Collège Lucie Aurbac
- ☞ **Situation** : Béziers, France
- ☞ **Année** : 2008
- ☞ **Architecte** : F. Guénon, P. Esnault
- ☞ **Superficie** : 13 371 m²
- ☞ **Capacité** : 600 élèves
- ☞ **Budget** : 16 000 000 €



Figure 49 : collège Lucie Aurbac
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

- ☞ **Programme** : le collège est de **21** Salles d'enseignement général, **04** salles de sciences, **03** salles de technologie, une salle d'informatique, **02** salles d'enseignement artistique, un centre d'information, une salle polyvalente avec des locaux associés, une salle et un plateau d'éducation physique et sportifs, **05** logements de fonction.

3.2.2 Aspect Architectural, fonctionnels et paysager :

3.2.2.1 Situation :

Il se situe à l'entrée de ville à l'angle de deux voies importantes, la rue du Dr Roux et l'avenue Lucie-Aubrac, cette situation lui confère une grande visibilité.

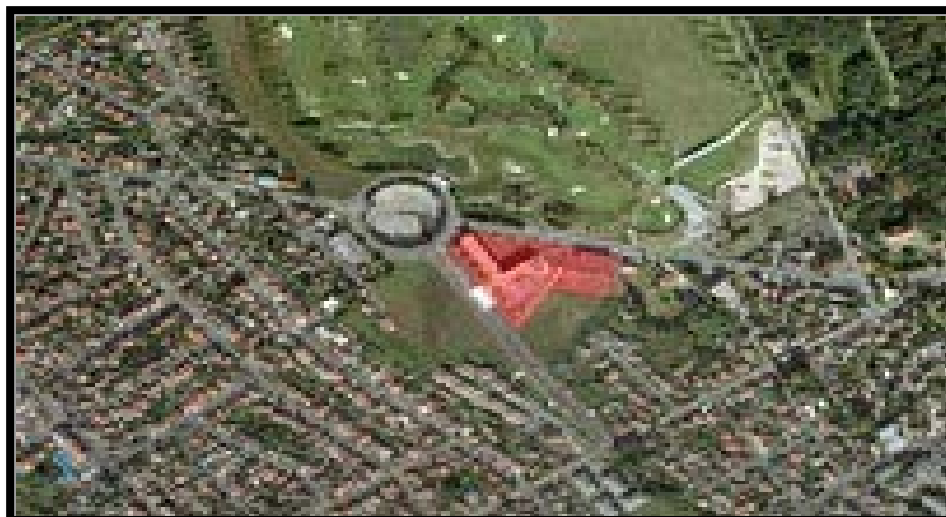


Figure 50 : vue aérienne sur le collège Lucie Aubrac
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

3.2.2.2 Occupation de la parcelle :

La surface utile est 6 286 m², la surface hors-œuvre nette est 6 900 m², la surface non bâtie représente 80% de la surface totale du terrain.

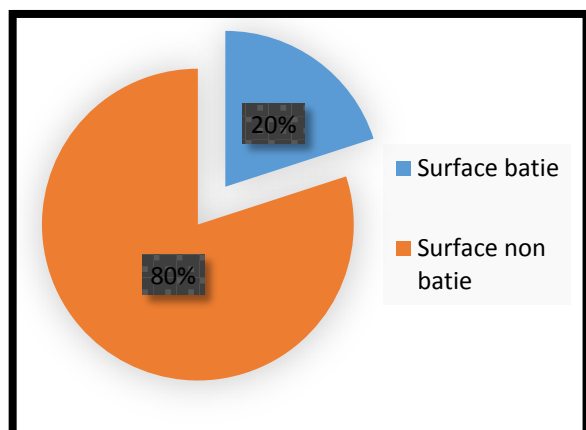


Figure 51 : Occupation de la parcelle
[Source : Auteurs]



Figure 52 : plan de situation du collège
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

3.2.2.3 Accessibilité :

L'entrée principale du collège se situe sur l'avenue Lucie-Aubrac, à la jonction entre les corps de bâtiment principaux, Le parvis permet un accès en toute sécurité.

Les accès, à la cour de service, au parking du personnel et aux logements de fonction s'effectuent par la rue du Dr-Roux.

3.2.2.4 Organisation spatiale du projet :

Le collège se compose de deux bâtiments principaux disposés en équerre selon deux axes orthogonaux nord-sud et est-ouest, flanquée de quatre pavillons. Des patios jardin ont été créés entre les pavillons, autour desquels se répartissent les salles, chacun des pavillons ayant une affectation spécifique.



Figure 53 : plan de masse du collège Lucie Aurbac
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

a) Les Plans :

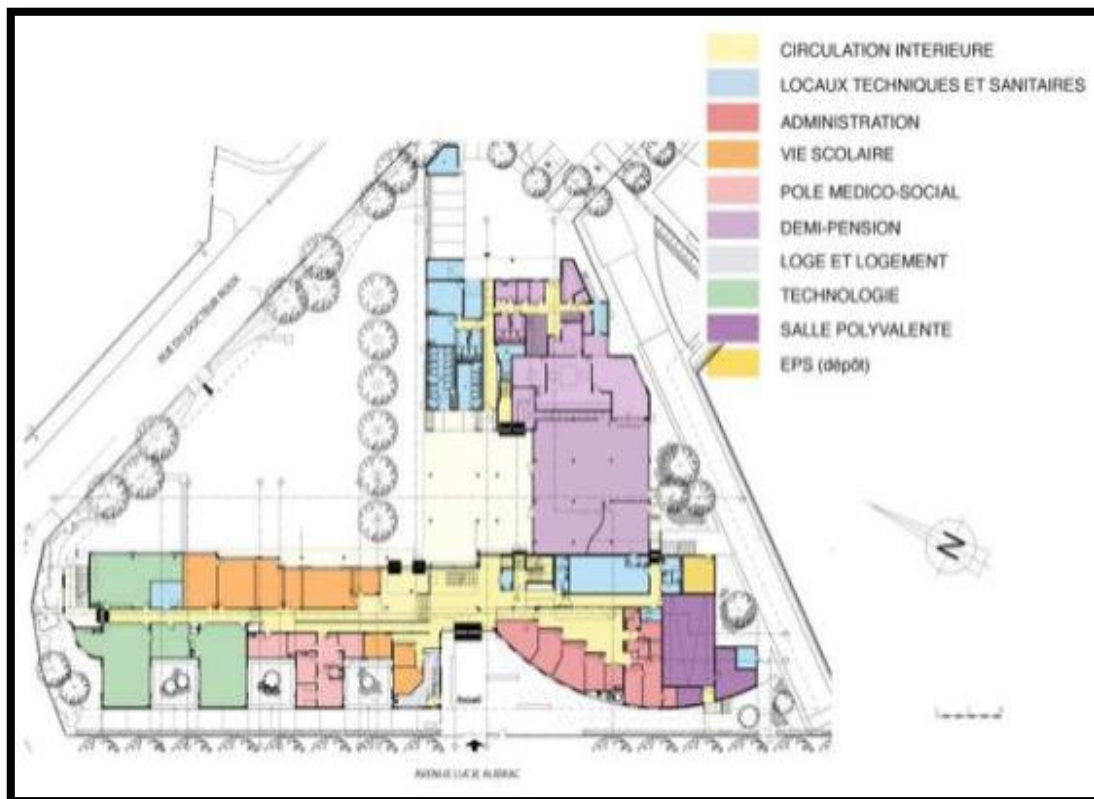


Figure 54 : plan de rez de chaussé du collège
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

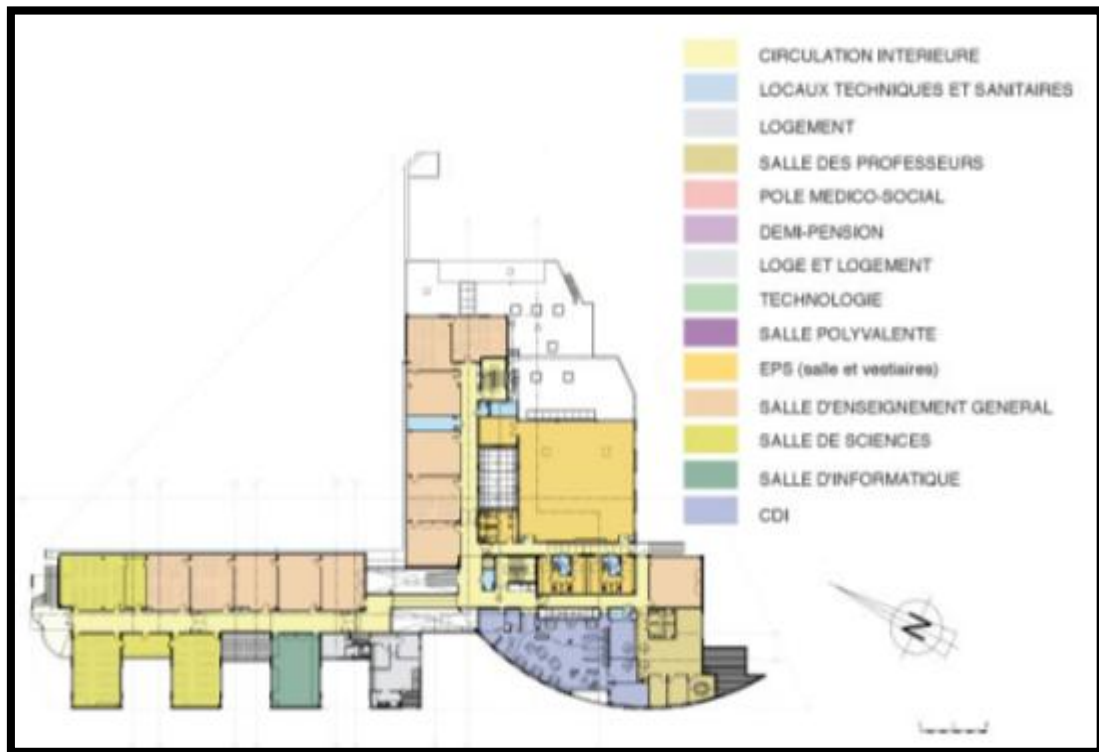


Figure 55 : plan de 1^{er} étage du collège
 [Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

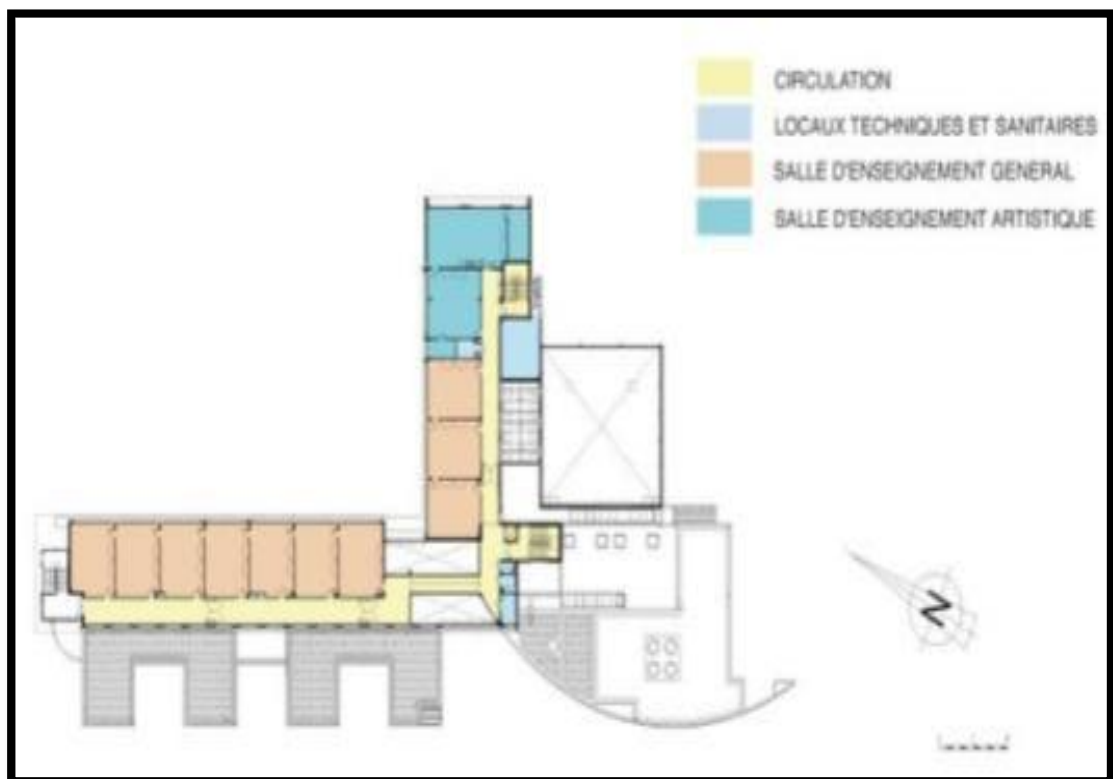


Figure 56 : plan de 2^{eme} étage du collège
 [Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

3.2.3 Système constructif et matériaux:

La structure porteuse du bâtiment du collège est une ossature béton armé, la salle d'éducation physique et sportive est dotée d'une charpente bois. Le préau est composé d'une structure métallique bidimensionnelle.



Figure 58 : le Préau (Ossature bidimensionnelle)
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]



Figure 57 : Salle EPS (Ossature Bois)
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

3.2.4 Texture et couleur:

Les menuiseries extérieures filantes sont en aluminium thermo-laqué. La clôture fait alterner murs pleins et grille métallique.

Un revêtement de bois, béton matricé, céramique et faïence noire en soubassement dans le couloir, A l'intérieur, les sols revêtus de grès cérame.



Figure 59 : l'entrée (revêtement en béton matricé)
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

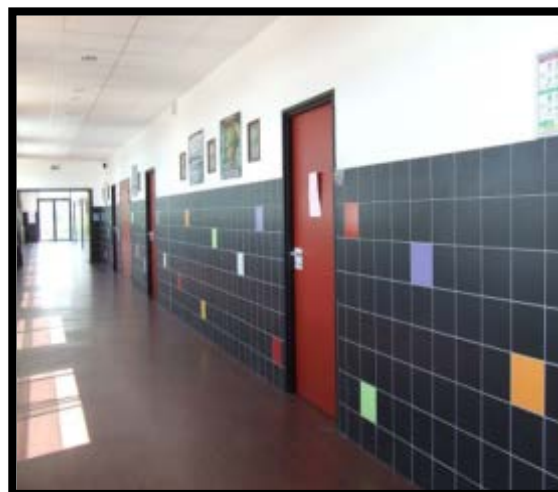


Figure 60 : le couloir (Soubassement en faïence)
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

3.2.5 Aspects liée au développement durable :

3.2.5.1 Confort :

d) Confort thermique :

Une chaufferie centrale au gaz naturel alimente l'ensemble des locaux du collège à l'exception des ateliers et la salle d'éducation physique et sportive (EPS), chauffés par panneaux radiants à gaz.

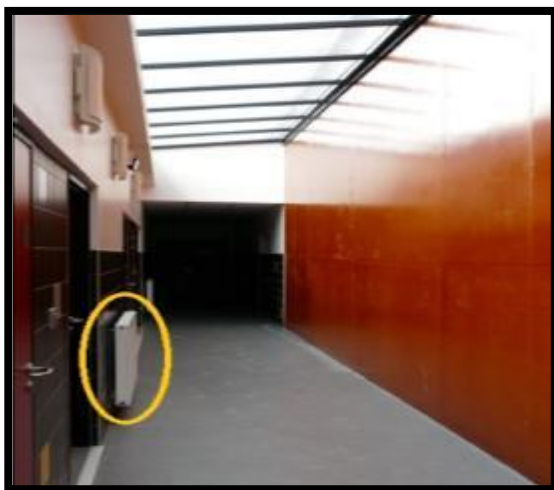


Figure 61 : Salle EPS (radiant à gaz)
[Source : [http://www.Atlas des colleges.com](http://www.Atlas_des_colleges.com)]



Figure 62 : Salle de classe
[Source : [http://www.Atlas des colleges.com](http://www.Atlas_des_colleges.com)]

La ventilation est naturelle. Le rayonnement solaire est filtré par des stores à lames orientables.



Figure 63 : façade sud-ouest (Store a lame orientable)
[Source : [http://www.Atlas des colleges.com](http://www.Atlas_des_colleges.com)]

e) Confort Visuel :

Tous les espaces sont éclairés naturellement :

- Bandeaux vitrés pour les classes.
- Façade-rideau pour le hall et les couloirs.
- puits de lumière dans le centre de documentation et d'information (CDI)
- Éclairage zénithal des locaux d'éducation physique et sportif.

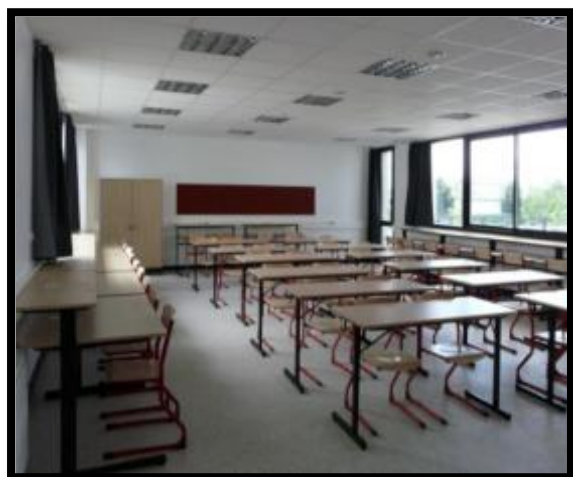


Figure 64 : Salle de classe

[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]



Figure 65 : le CDI

[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

De plus, l'intensité lumineuse est réglable grâce à une télécommande manuelle actionnée par les professeurs. L'éclairage électrique est assuré par des détecteurs de mouvements.

3.2.5.2 Gestion de l'eau et des déchets d'activité :

Les toitures végétalisées jouent leur rôle de rétention momentanée de l'eau utilisée aux sanitaires.

Le tri sélectif (papiers, piles, cartouches d'encre) est pratiqué grâce à des poubelles bien identifiées. Les circuits d'évacuation des déchets ont été pensés dès la conception du projet.

3.2.5.3 Gestion de l'entretien et de maintenance :

On soulignera la réponse à l'entretien des vitrages du mur rideau, protégé de l'ensoleillement par des brise-soleil horizontaux en bois, par la présence de deux passerelles techniques métalliques dégageant un espace accessible depuis l'intérieur.



Figure 66 : Passerelle technique
[source : http://www.atlas_des_colleges.com]



Figure 67 : passage couvert (RDC)
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

3.2.5.4 Bilan de consommation énergétique :

Postes	Consommation en kWh/m ² .an	Energie utilisée
Chauffage	60	Gaz
ECS (Eau Chaude Sanitaire)	28	Gaz
Eclairage	13,6	Electricité
Autres	28	Electricité

Tableau 3 : bilan de consommation énergétique
[Source : http://www.Atlas_des_colleges.com]

3.2.6 Synthèse :

Le but des architectes dans ce projet était de réaliser un bâtiment adapté à sa fonction, confortable, construit et exploité de façon à respecter au mieux l'environnement. Les cibles prioritaires du programme étaient: Le confort thermique d'hiver, La Lumière naturel et La maîtrise de l'énergie.

3.3 ETUDE COMPARATIVE :

Le profile environnementale nous permet d'évaluer le niveau de performance de chacune des cibles HQE traité au projet, et de connaître le pourcentage de la durabilité qu'est égale à 65% au collège **Lucie Urbac** et a 68% au collège **Pierre Deley** (voir le tableau 4)

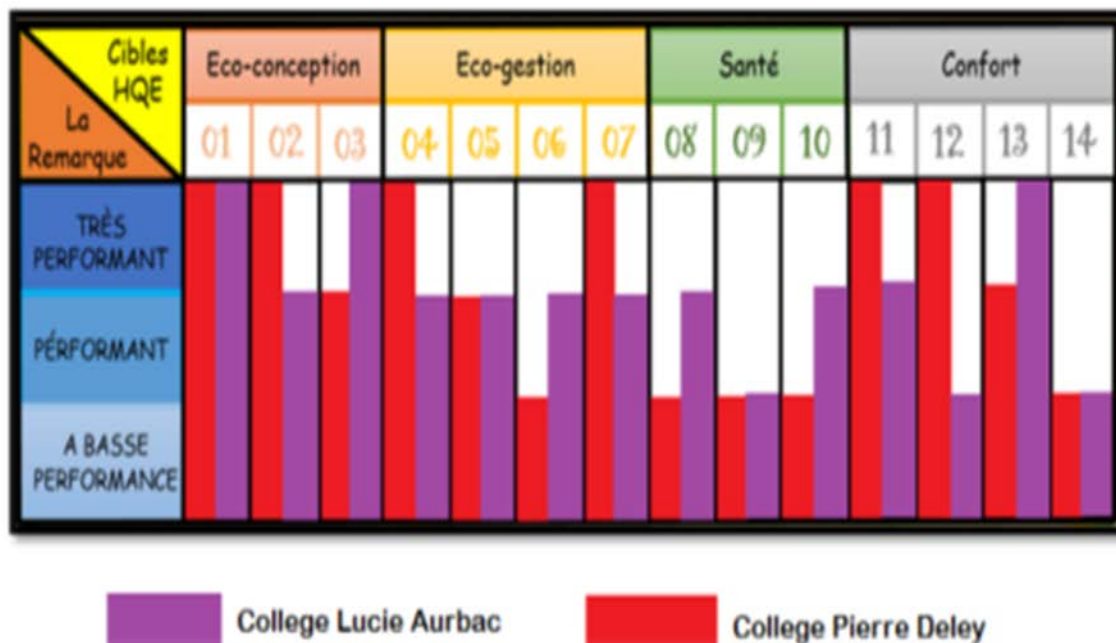


Tableau 4 : profils environnementales des projets
[Source : Auteurs]

SYNTHESE :

La dégradation sensible du milieu naturel oblige les décideurs et les professionnels du bâtiment à prendre rapidement les mesures qui s’imposent pour assurer la qualité de vie des générations futures.

La démarche environnementale associe le confort des êtres humains a la préservation des ressources naturelles et la maitrise des déchets.

L’analyse détaillé de deux collèges écologiques démontre qu’il est possible de construire avec des surcout d’investissement rapidement rentabilisé des bâtiments économes en énergie donnant une large place a des matériaux sains et renouvelables .

La diversité des réponses prouve que la démarche environnementale est applicable a tous contextes, sans renoncer a la qualité architecturale.

4 APPROCHE CONTEXTUELLE

INTRODUCTION :

La première découverte du site, pour lequel l'architecte élabore son projet, est subjective. Il appréciera plus ou moins la vue, la végétation et les constructions qui entourent son site, les routes qui passent à proximité... etc

La prise en compte de tous ces points est fondamentale pour la bonne intégration de son projet, mais ils ne sont pas suffisants. Il est tout aussi essentiel que le climat soit intégré à son projet. Ce chapitre se consacre à la réunion des données climatiques qui permettront ensuite de choisir une stratégie énergétique qui sera adaptée au site.

4.1 PRESENTATION DE LA VILLE D'AIN-OUESSARA :

La ville d'Ain-Ouessara se trouve à 200 km au sud d'Alger, sur la route nationale n°1. Elle appartient administrativement à la wilaya de Djelfa, c'est l'une de ses Daïras. Elle se situe à 100 km au nord de chef lieu de la wilaya de Djelfa.

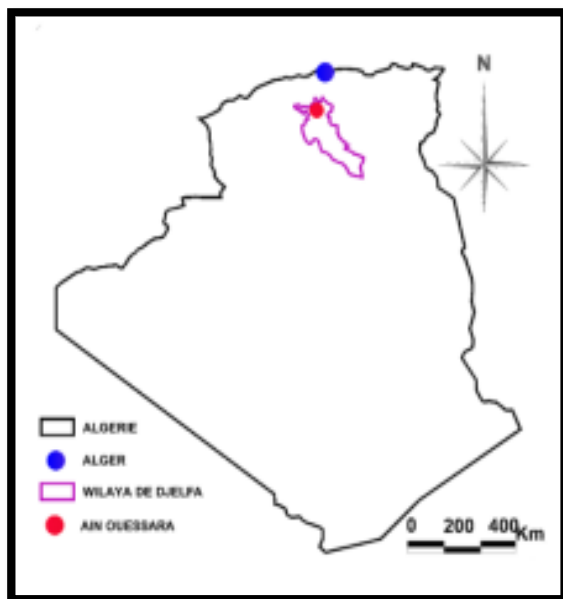


Figure 69: Situation géographique de la ville.
[Source : PDAU d'Ain-Ouessara (2008)
(Réadapté par auteurs)]

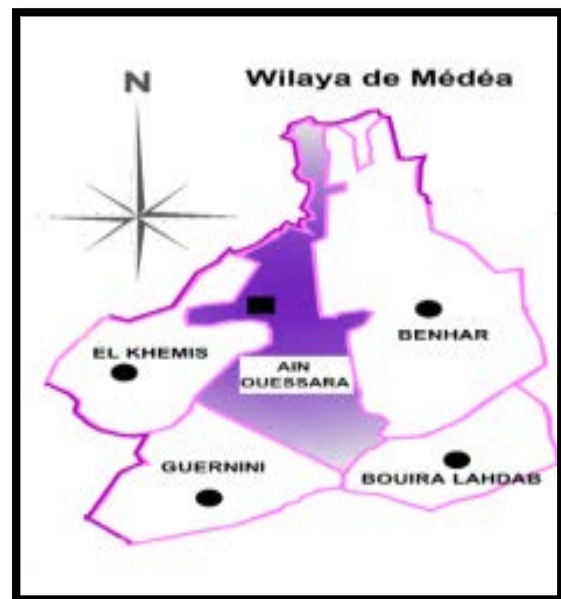


Figure 68: Les limites de la ville
[Source : PDAU d'Ain-Ouessara 2008
(Réadapté par auteurs)]

4.2 CLIMATOLOGIE DE LA VILLE D'AIN-OUESSARA :

La ville de Ain-Ouessara jouit d'un climat semi-aride (figure n°70) Froid et assez humide en hiver, très chaud et sec en été.

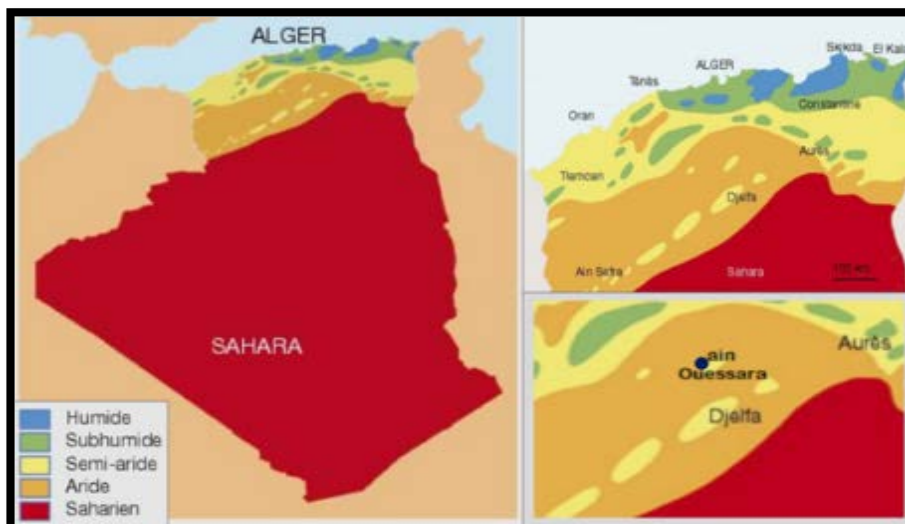


Figure 70 : Zones climatiques de l'Algérie
 [Source : <http://www.jle.com/cahier.agricultures>]

4.2.1 Conditions climatiques :

Les températures moyennes mensuelles sur la période 2003-2013 sont comprises entre 6.60 °C et 28.90 °C (Figure n°72) et l'humidité relative moyenne mensuelle durant la même période est comprise entre 36.78 % et 75.65 % . La pluviométrie est faible et irrégulière (< 350 mm/an).

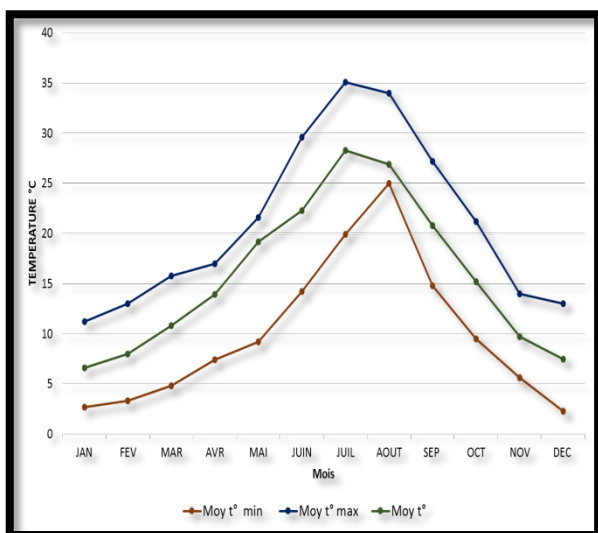


Figure 72: graphe des températures mensuelles
 [Source : Station météorologique de Djelfa (2013)]

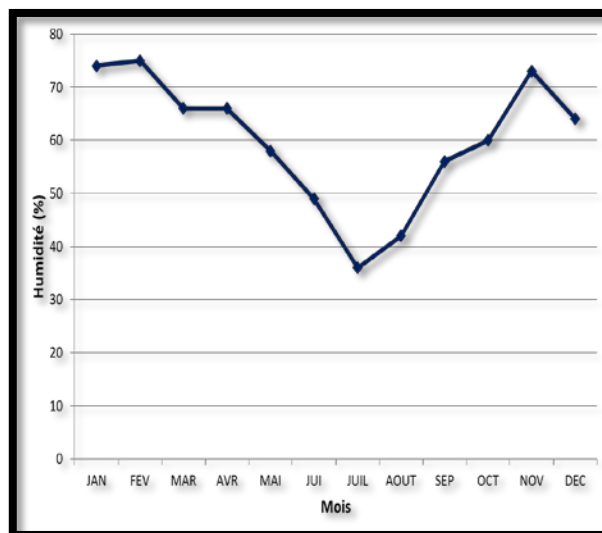


Figure 71: graphe d'humidité relative mensuelle
 [Source : Station météorologique de Djelfa (2013)]

Le régime des vents est caractérisé par une variation saisonnière des directions dominantes avec des vents pluvieux du Nord-Ouest et des vents

secs et chauds soufflant du sud et ramenant des pluies orageuses et plus fréquentes pendant le mois de juillet .

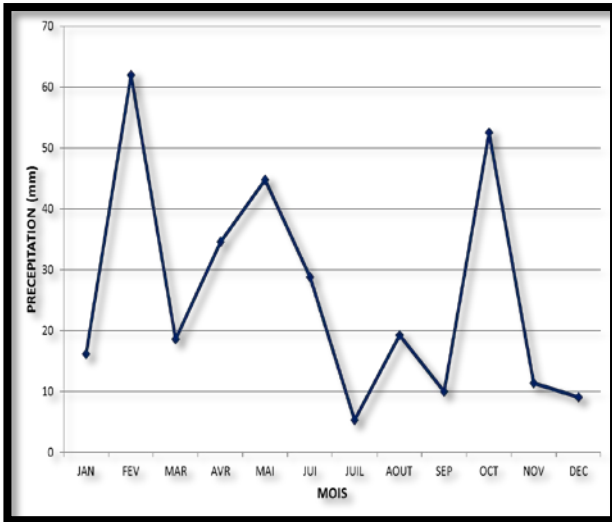


Figure 74 : graphe des précipitations mensuelles
[Source : Station météorologique de Djelfa (2013)]

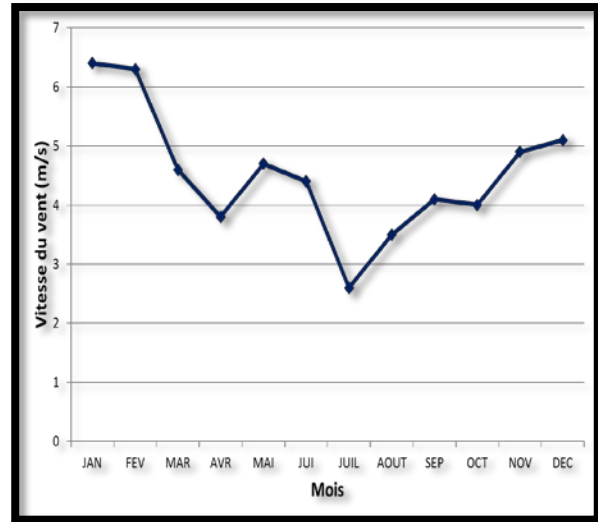


Figure 73: graphe des vitesses du vent mensuelles
[Source : Station météorologique de Djelfa (2013)]

Les fortes valeurs d'insolation sont observées pendant la saison sèche avec un maximum de (321.70 heures) au mois de juillet, tandis que durant la saison pluvieuse, l'insolation atteint un minimum de 168.87 heures en décembre .

Les variations de l'évaporation Piché sont assez marquées, avec deux minimums durant la période hivernale, des valeurs moyennes mensuelles interannuelles comprises entre (45.70 mm) observée au mois de janvier et (49.30 mm) au mois de décembre .

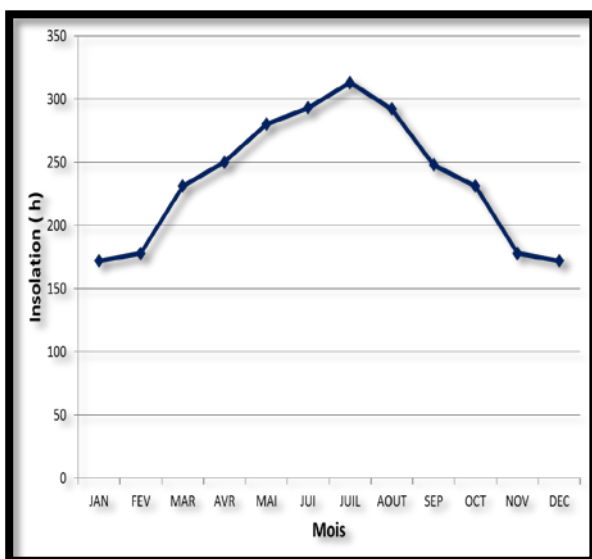


Figure 76: graphe d'insolation mensuelle
[Source : Station météorologique de Djelfa (2013)]

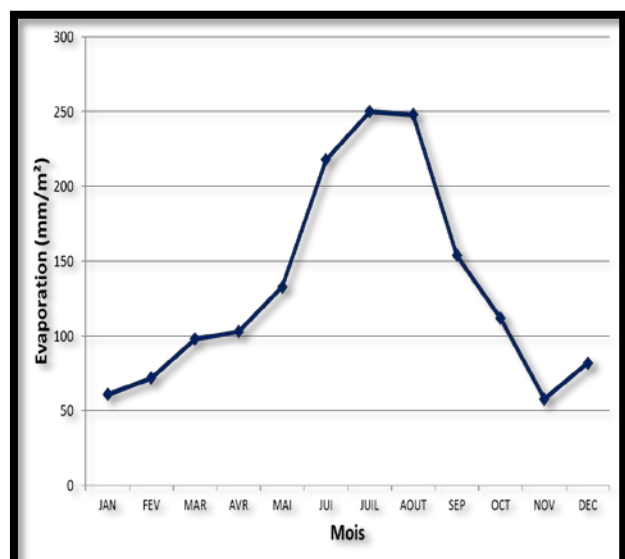


Figure 75 : graphe d'évaporation mensuelle
[Source : Station météorologique de Djelfa (2013)]

4.2.2 Le diagramme Psychométrique (B.Givoni):

D'après le diagramme psychométrique, on a constaté que le chauffage est l'un des principaux besoins de la région au court de l'année scolaire ; pour assurer le confort aux élèves.

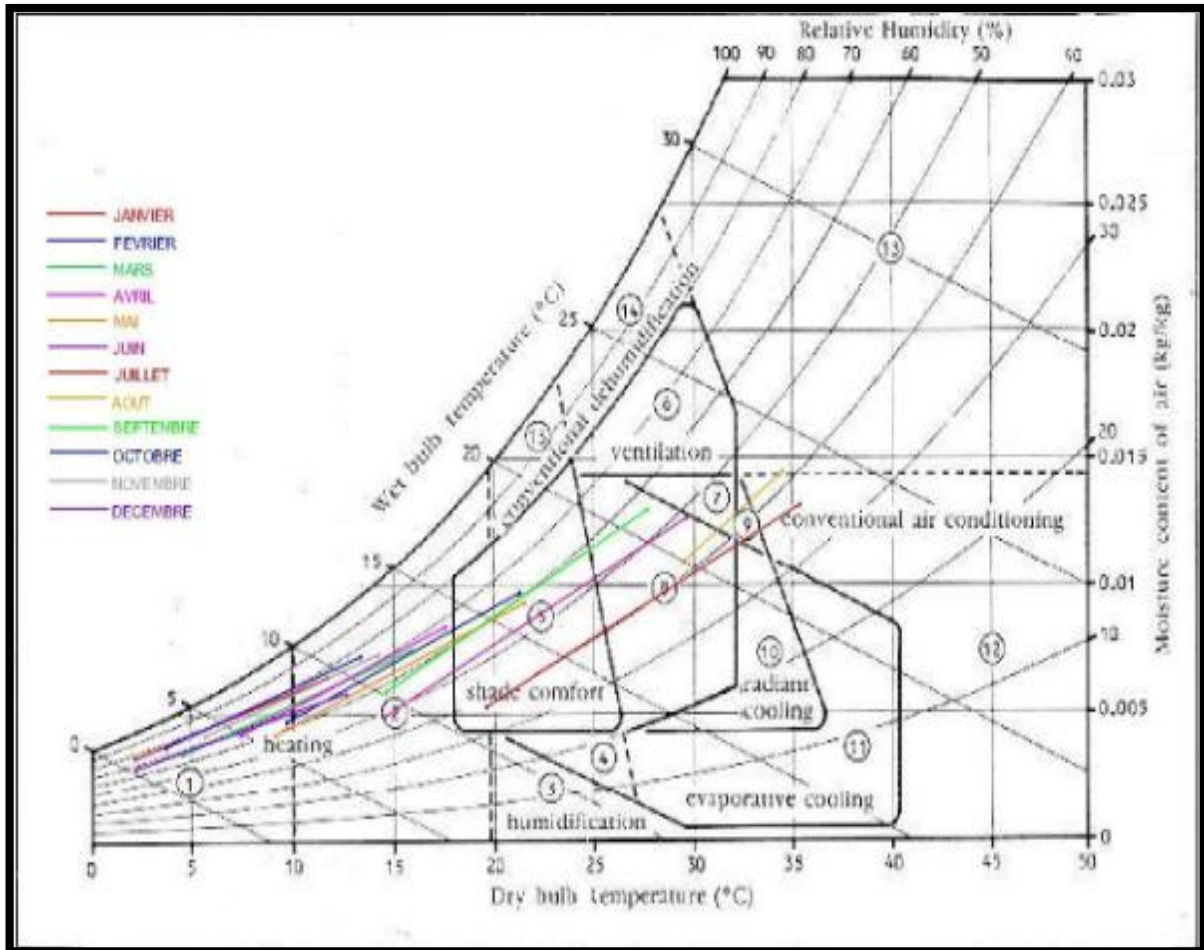


Figure 77: Diagramme psychométrique
 [Source :<http://www.nicole.cortail.net> (réadapté par auteurs)]

4.3 MOTIVATION DU CHOIX DU SITE :

Le choix a été Basé sur ; l'estimation des besoins éducatifs qui permet d'évaluer le nombre des élèves pour savoir la charge des classes aux différents horizons ; Le rayon d'influence des CEM¹⁷ et nombre d'habitant réglementaire.¹⁸

¹⁷ CEM : Collège d'enseignement moyen.

¹⁸ Rayon d'influence des Cem est; 800 m et le nombre des habitants règlementaire est 16000h/CEM,Source ; guide de conception éducatif .UNESCO . Paris. Juillet 1999

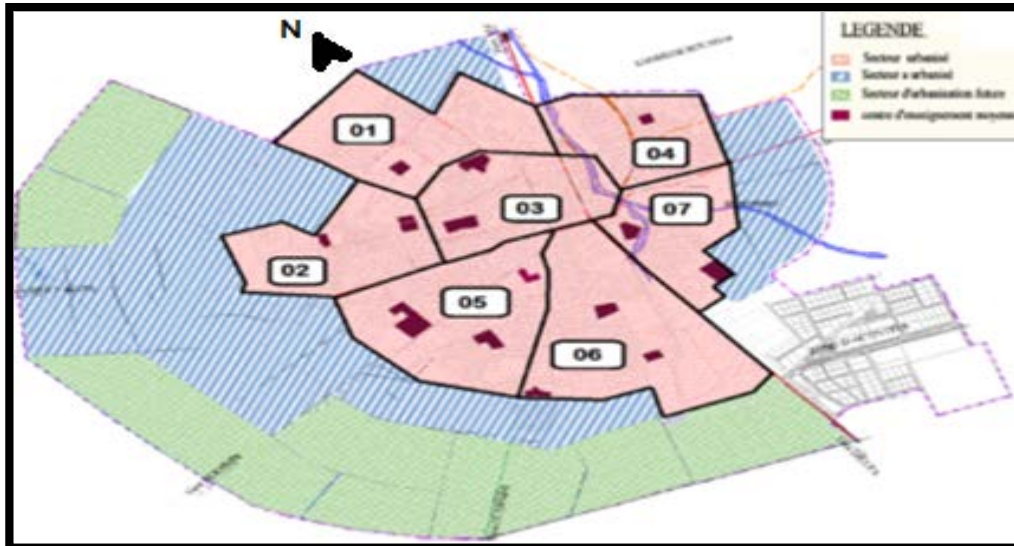


Figure 78 : Répartition des CEM dans les quartiers a Ain Ouessara
 [Source : PDAU Ain-Ouessara (Réadapté par auteurs)]

Quartier	Nombre d'habitant	Nombre de CEM théorique	Nombre de CEM existant	Déficit	rayon d'influence max (m)
01 la zone urbaine	18544	02	01	01	1231,53
02 Ibn Badis	9575	01	02	00	859,46
03 l'ancienne ville	13808	01	02	00	889,58
04 Mostapha Belkacem	10632	01	01	00	907,06
05 Houari Boumedien	24216	02	03	00	639,13
06 Deraà ennichan	15168	01	03	00	879,51
07 Nuidjem	10343	01	02	00	956,82

Tableau 5 : Estimation des besoins en collège a Ain Ouessara
 [Source : Auteurs (à l'aide de Recensement générale de la population et l'habitat)]

La zone urbaine représente un manque d'un CEM, le rayon d'influence et le nombre des habitants sont hors norme. Ce que justifie le choix d'un site qui situé dans cette quartier.

4.4 SITUATION DU SITE D'INTERVENTION :

Le site d'intervention se situé au nord-ouest de la ville d'Ain-Ouessara, à côté de la gare routière, dans la zone destiné à l'extension de la ville « POS12 » c'est un quartier a affectation résidentielle.

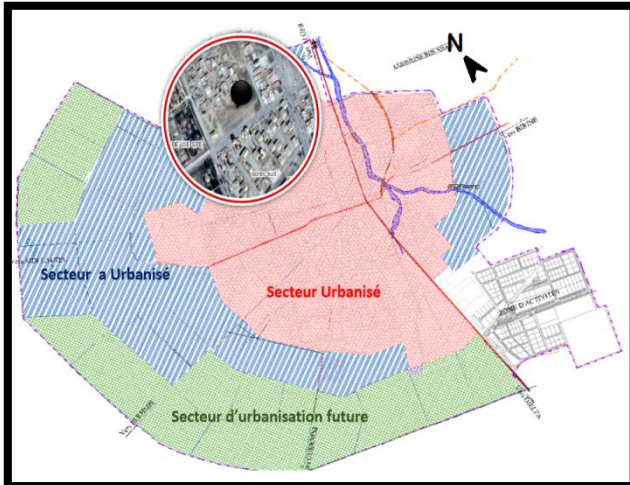


Figure 79 : Situation du site d'intervention
[Source : PDAU Ain-Ouessara]



Figure 80: vue aérienne sur le site d'intervention
[Source : Google earth]

Il est limité par :

- Habitat Individuel, du nord.
- Une Voie secondaire et l'habitat collectif (Sorec sud) et lycée Omar Idris du sud.
- Une voie urbaine et Ecole 19 mars, habitat individuel et la gare routière de l'est.
- Une voie urbaine et habitat privé de l'Ouest



Figure 81: Limites du site d'intervention
[Source : Google earth (Réadapté par auteurs)]

4.5 ACCESSIBILITE DU SITE D'INTERVENTION :

Le Site est doté d'un réseau routier caractérisé par l'existence des voies principales, secondaires et d'autres urbaines.



Figure 82 : Réseau de voirie qui mène au site
Source :PDAU Ain-Ouessara(Réadapté par auteurs)

4.6 MORPHOLOGIE DU TERRAIN :

Le terrain a une forme rectangulaire avec un décrochement, il est d'une superficie de **25584,195m²**. Il a une légère pente qui ne dépasse pas 3%

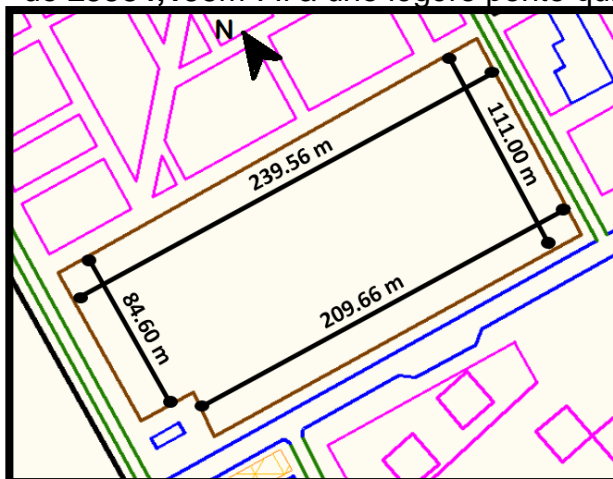


Figure 84 : Dimension du terrain d'intervention
[Source :PDAU Ain-Ouessara]



Figure 83 : terrain d'intervention
[Source : prise par Auteur]

4.7 ETUDE CLIMATIQUE DU TERRAIN :

Le terrain est dominé par les vents Nord, Nord-Est pendant la période hivernale et les vents du Sud qui caractérisent la période estivale.

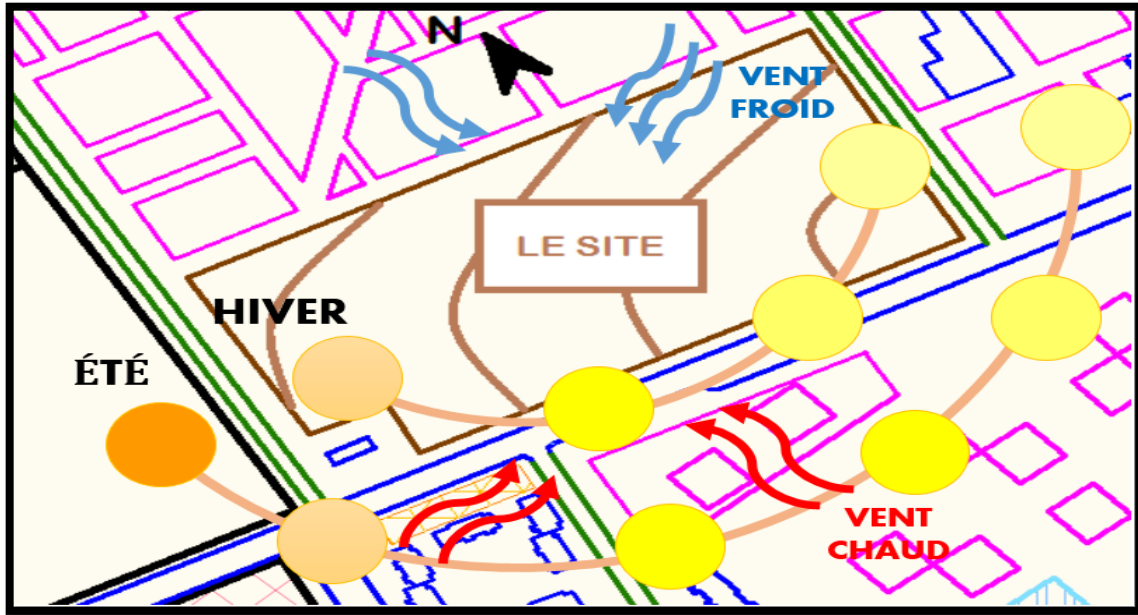


Figure 85 : Direction des vents et ensoleillement
[Source :PDAU Ain-Ouessara (réadapté par auteurs)]

En hiver (21 décembre) :

- Azimut de lever de soleil : 118,41°
- Azimut de coucher de soleil : 241,24°
- Altitude solaire Max : 31,14°

En été (21 juin)

- Azimut de lever de soleil : 60,31°
- Azimut de coucher de soleil : 299,69°
- Altitude solaire Max : 78°

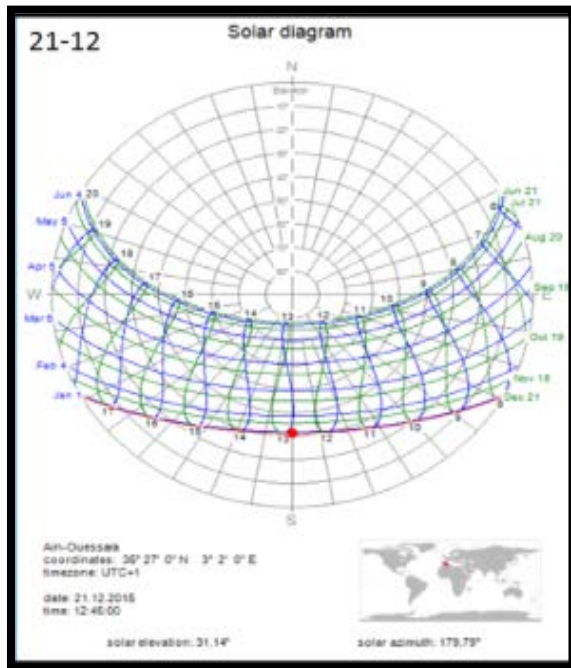


Figure 86 : Diagramme solaire (21decembre)
[(Source :Solar beam)]

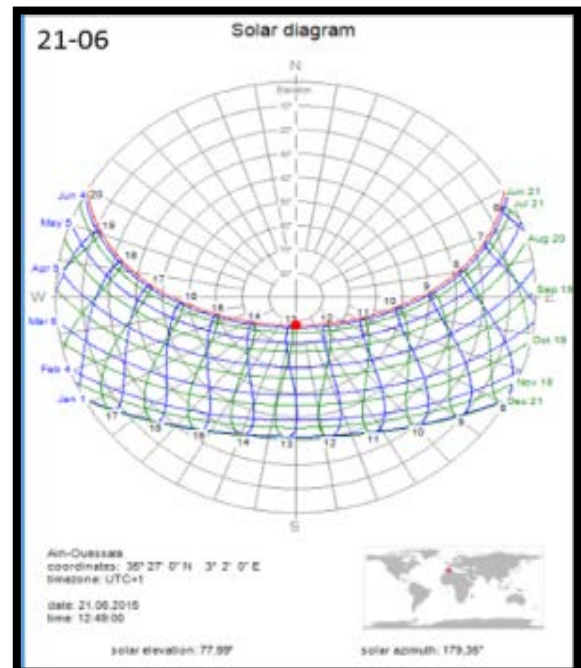


Figure 87 : Diagramme solaire (21 Juin)
[Source :Solar beam]

4.8 ENVIRONNEMENT IMMEDIAT :

4.8.1 *Le Gabarit :*

Les hauteurs du bâti autour de notre terrain sont variées entre R+4 (Habitat collectif) et RDC (habitat individuel).

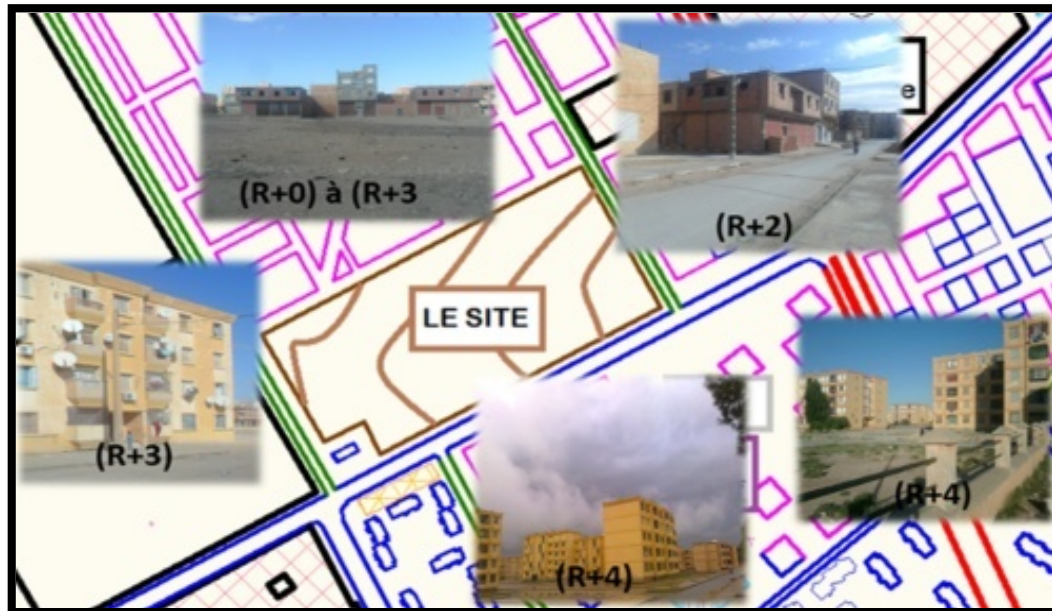


Figure 88 : Gabarit des bâtiments de voisinage du site
[Source : PDAU Ain-Ouessara (réadapté par auteur)]

4.8.2 *Le style architectural:*

Le bâti qui entoure notre terrain à un style prépondérant moderne. Marqué par :

- L'utilisation de quelques éléments du style arabo-musulmane tel que ; l'arc et la colonne.
- L'utilisation des couleurs claires tel que: le blanc, crème... (Facteur d'absorption).



Figure 89 : Gare routière d'Ain-Ouessara
[Source : prise par auteurs]



Figure 90: Ecole Omran Tayeb a Ain-Ouessara
[Source : prise par auteurs]

SYNTHESE :

La prise en compte des apports et des contraintes de l'environnement ne fait qu'enrichir l'élaboration du projet et l'harmoniser avec les activités qu'il abritera. Cela se traduit par le bien-être accru des usagers et par la durabilité du bâtiment.

L'organisation de l'espace se fera tant en fonction du soleil et de la lumière, de l'exposition aux vents dominants ou thermiques saisonniers, de la morphologie de la zone d'intervention, de la vue, des nuisances phoniques.

Etant la finalité primordiale recherchée dans n'importe quelle construction durable, l'économie d'énergie représentera certainement la conséquence naturelle d'une réponse réfléchi en fonction des données physiques et climatiques du site et en adéquation au programme aussi bien sur l'aspect conceptuelle qu'au sur l'aspect technique.

*5 APPROCHE
ARCHITECTURALE*

INTRODUCTION:

La conception architecturale contemporaine tend à créer une harmonie entre l'enveloppe formelle, l'espace et le paysage urbain où elle s'implante afin de produire une unité intégrante.

5.1 DEMARCHE CONCEPTUELLE:

La création architecturale couvre quatre dimensions qui sont :

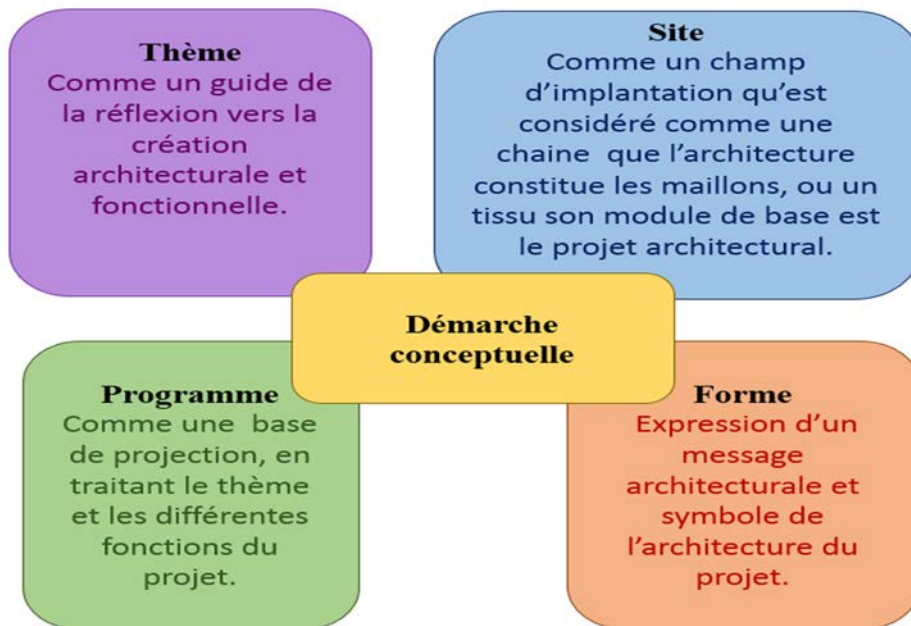


Figure 91: Dimensions de la création architecturale
[Source : Auteurs]

5.2 PROGRAMME

5.2.1 Programme surfacique :

D'après l'analyse, on a trouvé que le programme ministériel et les programmes des exemples étudiés sont plus ou moins confondu de point de vue surface, on a proposé l'ajout d'une entité médico-sociale et entité d'éducation au développement durable qui peut constituer un outil de formation optimal pour les élèves.

ENSEIGNEMENT GENERAL			
Espace	Quantité	Surface unitaire (m ²)	Surface globale(m ²)
Salle de classe	24	60	1440
Salle de dessin	03	62	186
Salle de musique	03	62	186

Laboratoire	06	57	342
Bibliothèque	01	158	158
Salle polyvalente	01	105	105
EDUCATION AU DEVELOPPEMENT DURABLE			
Espace	Quantité	Surface unitaire(m²)	Surface globale(m²)
Salle de classe	06	55	330
Salle de technologie	02	65	130
JEB ¹⁹	01	566	566
CER ²⁰	01	582	582
ADMINISTRATION			
Espace	Quantité	Surface unitaire(m²)	Surface globale(m²)
Bureaux	06	20	120
Salle des enseignants	01	30	30
Bibliothèque	01	70	70
secrétariat	01	18	18
Bureau de directeur	01	22	22
Salle de réunion	01	40	40
Salle d'archive	01	24	24
Salle de tirage	01	22	22
SERVICE MEDICO-SOCIALE			
Espace	Quantité	Surface unitaire(m²)	Surface globale(m²)
Salle de médecin	01	26	26
Salle de psychologue	01	18	18
Salle de soin	01	16	16
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIF			
Espace	Quantité	Surface unitaire(m²)	Surface globale(m²)
Plateau d'EPS ²¹	02	460	920
Salle d'EPS	01	900	900
Vestiaire	01	86	86
SERVICE			
Espace	Quantité	Surface unitaire(m²)	Surface globale(m²)

¹⁹ JEB : Jardin d'éducation botanique.

²⁰ CER : Champ des énergies renouvelables.

²¹ EPS : Education physique et sportif.

Dépôt	04	18	72
Loge gardien	02	16	32
Bureau de contrôle	02	12	24
Sanitaire	07	18	126
Parking	26	12	631
LOGEMENT DE FONCTION			
Espace	Quantité	Surface unitaire(m ²)	Surface globale(m ²)
F04	01	90	90
F03	04	80	320
F02	01	60	60

Tableau 6: Programme quantitatif du collège (600 élèves)
[Source : Auteurs]

5.2.2 *Programme qualitative :*

Il traitera le rapport espace - exigence à travers les activités tout en définissant les besoins des usagers en confort visuel et thermique.

EXIGENCE		ESPACES			
		Classe	Bureau	Bibliothèque	Laboratoire
Eclairage	E (lux)	300 - 500	400 - 1000	250 - 500	425- 625
	FLJ (%)	5	3	6	6
Confort thermique (°c)		21° - 26°	21° - 26°	20°- 22°	20° - 25°
Débit d'air neuf (m ³ / heure /personnes)		15	18	18	18
EXIGENCE		ESPACES			
		Circulation	Salle du sport	Salle de dessin	
Eclairage	E (lux) ²²	>100	300	625	
	FLJ (%) ²³	2	3	5	
Confort thermique (°c)		18°	16°- 22°	21° - 26°	
Débit d'air neuf (m ³ / heure /personnes)		22	45	18	

²² E : Eclairage

²³ FLJ : Facteur lumière de jour

Directives du projet	<ul style="list-style-type: none"> • Importance primordiale de la vue et de l'éclairage naturel; • Prévoir des protections contre l'éblouissement; • Favoriser l'utilisation du rayonnement solaire le matin en mi saison; • Réduire l'inertie thermique : réchauffement rapide des salles de classes pendant les périodes d'utilisation en profitant des gains internes (personnes et éclairage) et des apports solaires; • Bonne isolation thermique et système de chauffage d'appoint réduit: pour le dimensionnement tenir compte de l'importance de la chaleur «gratuite» disponible.
-----------------------------	---

Tableau 7: Programme qualitatif du collège (600 élèves)

[Source : Auteurs (à l'aide de ; soleil et architecture, guide pratique pour le projet .office fédérale des questions conjoncturelles. PACER .1991)]

5.3 LES CONCEPTS DE LA CREATION FORMELLE:

Les concepts sont des éléments existants ou symboliques que l'on reprend au niveau de la conception afin d'arriver à un objet cohérent intégré dans son site.

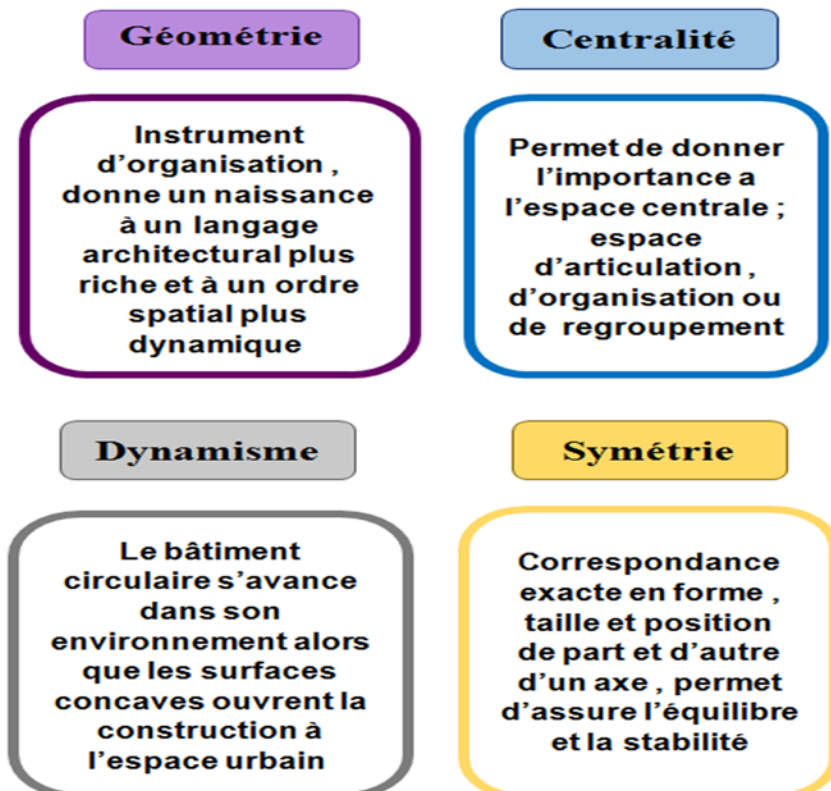


Figure 92: Concepts de la création formelle

[Source : *vocabulaire d'architecture*]

5.4 GENÈSE DU PROJET:

“La tâche d'un concepteur n'est pas seulement de créer une forme qui répond correctement à certaines conditions, mais de créer une forme telle qu'il n'y ait pas de relation, conflictuelles d'inadaptation entre celle-ci et le contexte de l'environnement formé sur l'ensemble des contraintes connues ou prévisibles ” Christopher Alexander

Notre projet est le résultat de la satisfaction de plusieurs étapes qui représentent le processus de la genèse de la forme. Cette procédure se résume en cinq étapes classées comme suit :

1^{ère} étape : L'affectation primaire des entités

L'objectif c'est de créer une relation harmonieuse entre le bâtiment et son environnement immédiat ; la réponse n'est pas uniquement à l'échelle de la parcelle du terrain, mais prend en compte également l'environnement proche.

Et pour atteindre cet objectif, on a fait une affectation à la base des aspects suivants :

- **Hiérarchie** ; assure l'éloignement des zones calmes des sources de bruit (point de vue confort acoustique)
- **Sécurité**: assurer l'éloignement des zones de regroupement.



Figure 93: Schéma d'affectation primaire des entités
[Source : Auteurs]

2^{ème} étape : matérialisation de l'idée du projet

- La répartition du terrain en trame régulière, ou la cour de récréation sera un élément central qui assure la distribution vers tous les blocs composants le projet. En commençant par la forme carrée (le centre du carré est le centre du terrain).



Figure 94: répartition du terrain en trame régulière
[Source : Auteurs]

- L'obtention de l'orientation favorable ; par une inclinaison de 30° par rapport à l'axe Nord (temps d'ensoleillement plus long en hivernage)²⁴



Figure 95: obtention de l'orientation favorable
[Source : Auteurs]

²⁴ soleil et architecture, guide pratique pour le projet .office fédérale des questions conjoncturelles. PACER .1991

- La création d'un cercle autour de la forme précédente pour contrôler la circulation des élèves afin d'assurer leur sécurité, ce que rendre le CEM un grand espace introverti. Et la création d'une liaison entre les deux formes.



Figure 96: création d'un espace introverti
[Source : Auteurs]

- La répartition de cercle ; à la base de 30° (l'angle d'inclinaison par rapport l'axe du Nord), Pour contrôler le mouvement des vents dominants et offrir la possibilité de créer une ventilation naturelle.



Figure 97: répartition de cercle a base de 30°
[Source : Auteurs]

3^{ème} étape : l'affectation finale des entités

La solution architecturale retenue implique la séparation des éléments du programme en cinq bâtiments leurs affectations s'appuient sur la spécificité des

entités suivant des considérations de fonctionnement, de hiérarchisation (de bruit vers le calme) et d'orientation favorable.

- **Fonctionnement :**

- Bloc d'administration dans le côté ouest à proximité de la voie mécanique, où se trouve l'entrée principale du projet et le parking.
- Bloc d'éducation au développement durable : coté est ; en relation direct avec le champ des énergies renouvelables et le jardin d'éducation botanique.

- **Hiérarchisation :**

- Bloc des sciences au côté sud, et bloc d'art au nord en symétrie, jouent le rôle des écrans urbains qui réduisent les nuisances sonores.
- Les plateaux d'éducation physique et sportif sont implantés au nord-est du terrain, éloignés des blocs pédagogiques pour assurer le confort acoustique.
- Les logements de fonction sont disposés au sud-est de terrain à proximité de l'habitat collectif, ils bénéficient d'un accès mécanique.

- **Orientation favorable :**

- Bloc d'enseignement général ; au centre bénéficie de quadrupler orientations ce que favorise les apports solaires et améliore le confort thermique et visuel.

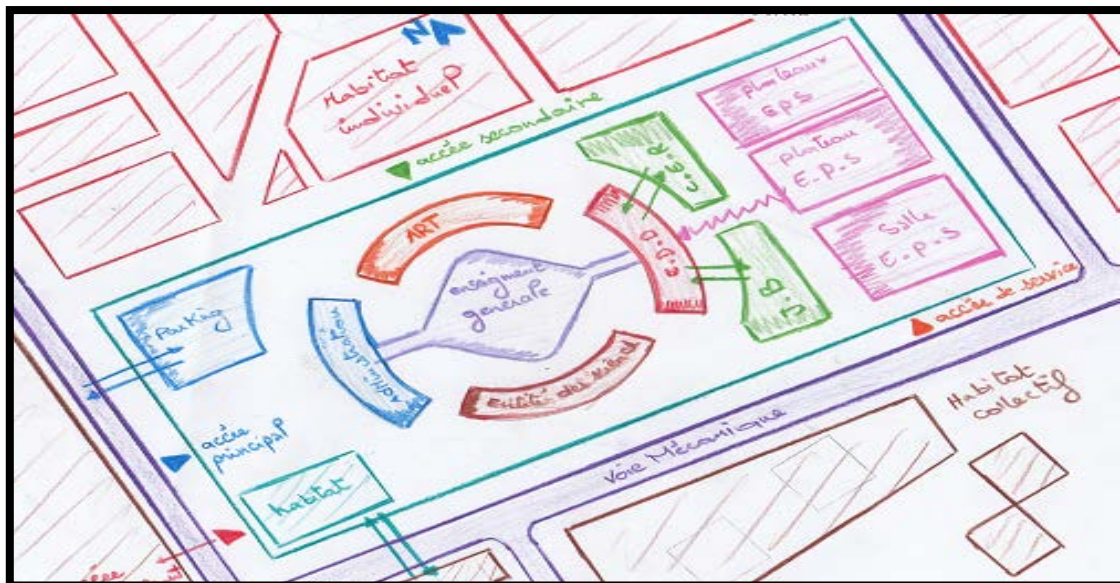


Figure 98: Affectation finale des entités
[Source : Auteurs]

4^{ème} étape : la forme primaire du projet

L'implantation du collège le protège des vents, sa forme circulaire permet une orientation des façades qui tire partie en toute saison de l'ensoleillement et de

la lumière naturelle pour augmenter le confort tout en réduisant la consommation d'énergie. Ses blocs sont liés par une toiture d'une forme elliptique, permet de créer des espaces couverts dans la cours de récréation entre chaque deux blocs.

Le bâtiment central s'implante autour d'un espace ouvert au ciel, pour tire profit de la ventilation et la lumière naturelle. Il est lié avec les autres blocs par des passages alignés sur l'axe est-ouest (axe de symétrie horizontale).

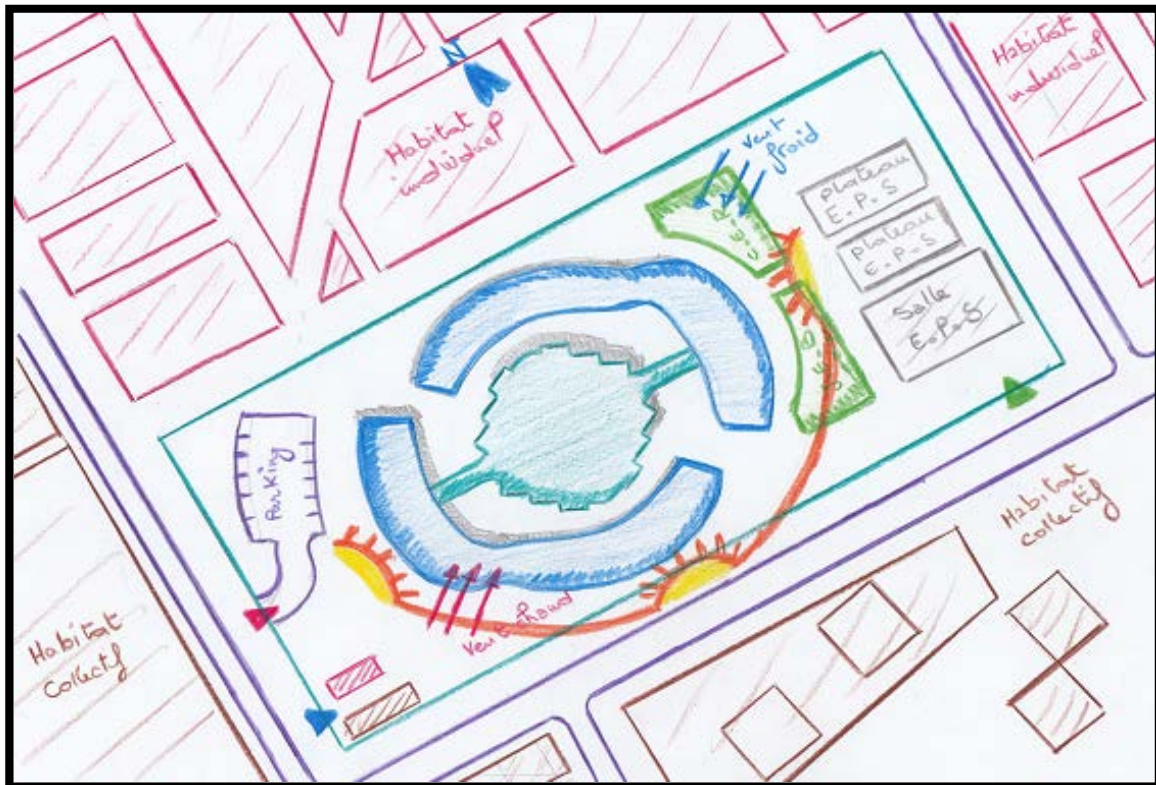


Figure 99: Forme primaire du projet
[Source : Auteurs]

5^{eme} étape : La composition volumétrique

En utilisant les pilotis, on fait du bloc central une boîte en l'air, ce que permet de libérer le sol et le réserver à la cour de récréation, et pour marquer la centralité en hauteur, on donne à ce bloc un gabarit assez important et on le fait accessible par des passerelles qui donnent l'impression de traverser un jardin.

Pour marquer le dynamisme dans la volumétrie, une toiture végétalisée a été faite pour lier chaque deux entité de déférente hauteur.

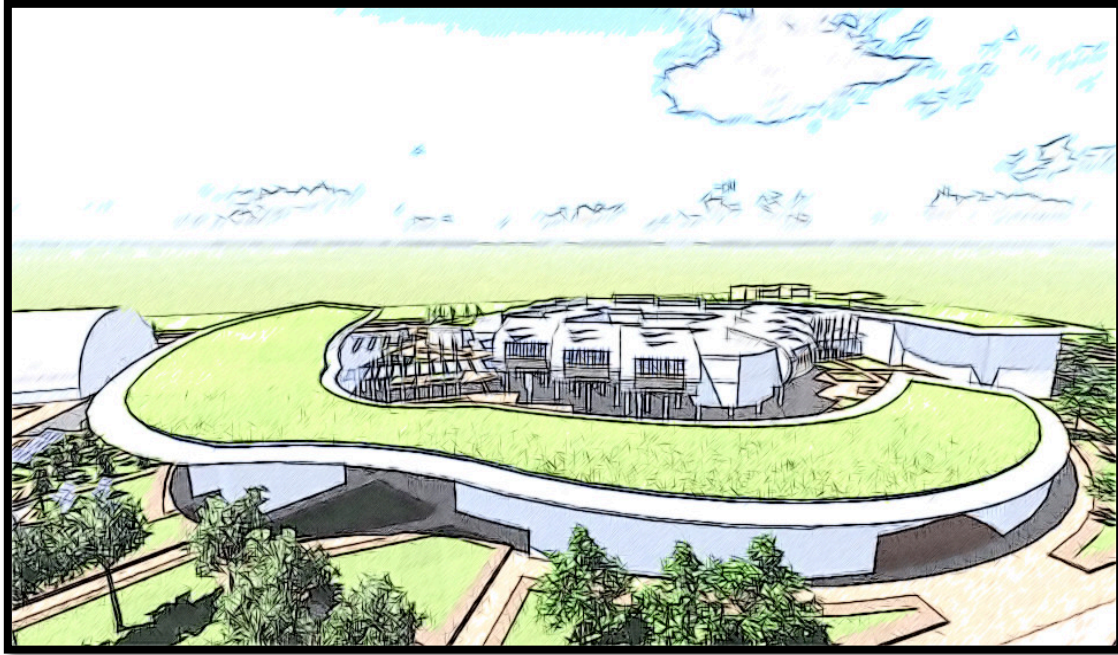


Figure 100: Composition volumétrique
[Source : Auteurs]

5.5 CONCEPTION DU PROJET:

5.5.1 Plan de masse :

Le site a été parcellisé en unités fonctionnelles réparties autour de la cour de récréation. La part des espaces verts représente 40% de la surface de la parcelle.

Cinq accès sont programmés ; Trois mécaniques ; le premier réservé au parking, le second aux logements de fonctions et le troisième est un accès de service, et deux accès piétons ; l'un réservé aux personnels et l'autre aux élèves. (Voir annexe 01).

5.5.2 plans :

Le principe de distribution adopté pour les espaces est la desserte d'une seule rangée des espaces par un couloir dans l'un de ses côtés. Cette organisation permet d'éclairer et d'aérer tout les espaces naturellement.

Un vaste hall d'entrée aménagé dans le bloc d'art destiné au regroupement des élèves, mène vers des salles de dessin et de musique dispersées de part et d'autre, séparées du hall par trois marches permettent de passer du public au semi public.

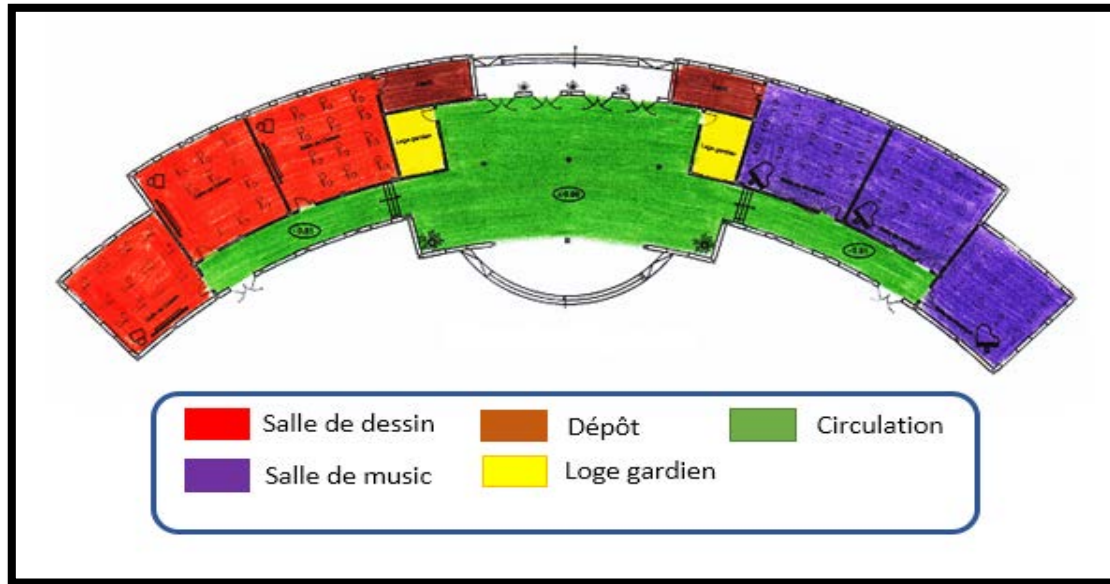


Figure 101 : plan de rez de chaussé ; bloc d'art
[Source : Auteurs]

En symétrie, se trouve le bloc des sciences qui abrite les laboratoires, ils sont en relation directe avec l'entité médico-sociale, pour des raisons de sécurité (en cas d'un accident chimique). Ce bloc bénéficie d'une sortie de secours autant qu'il le plus exposé aux incendies

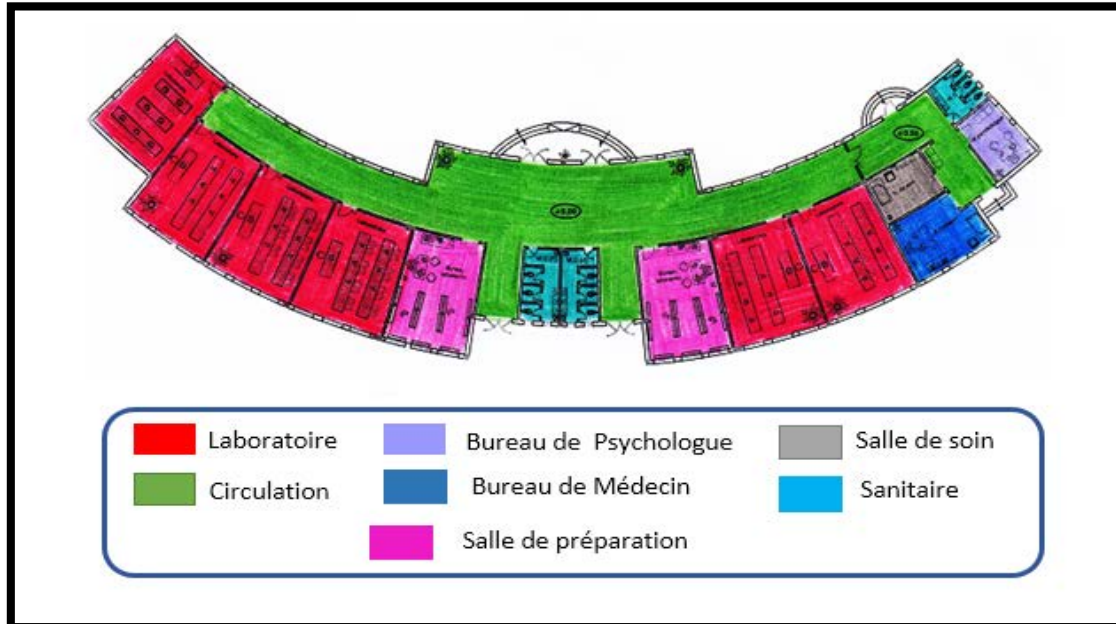


Figure 102: Plan de rez de chaussé ; bloc des sciences
[Source : Auteurs]

Dans le bloc d'administration, l'atrium joue le rôle d'un espace central distributeur qui abrite le hall d'accueil et la réception et mène aux bureaux des personnels qui ont en relation quotidienne avec les élèves, l'étage est réservé pour les bureaux des responsables.

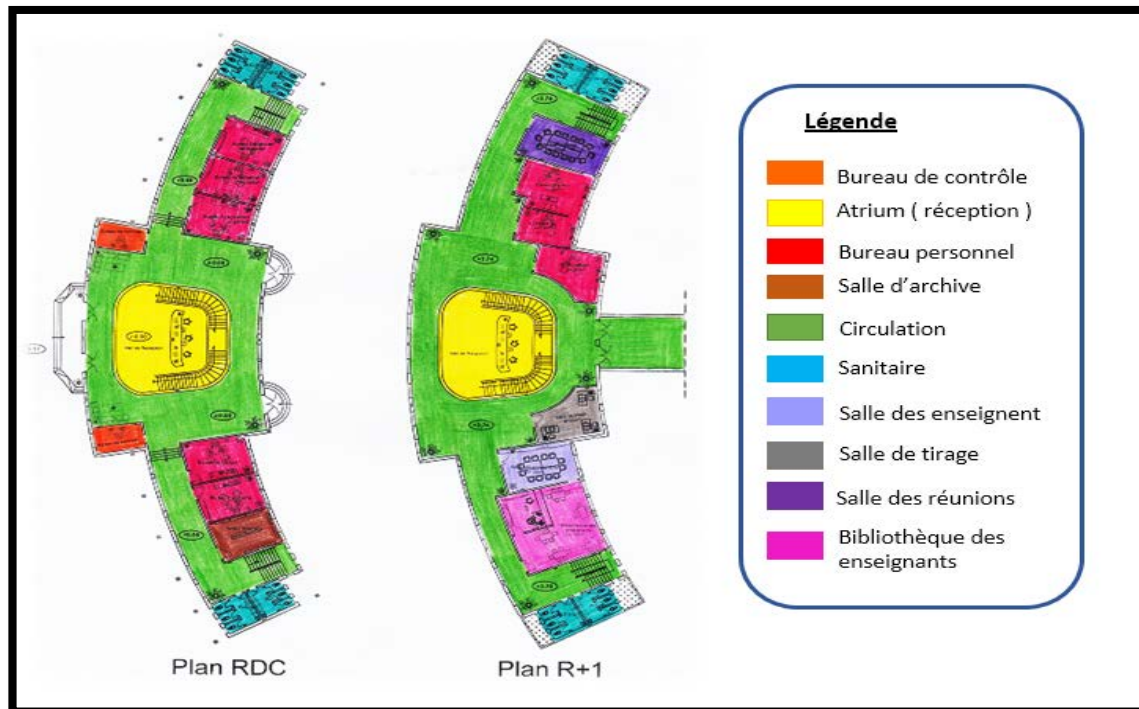


Figure 103: Plans du bloc administratif
[Source : Auteurs]

Le rez de chaussé du bloc d'éducation au développement durable est destiné aux salles de classe et aux salles de technologie qui sont en relation directe avec le champ des énergies renouvelable et le jardin d'éducation botanique, à l'étage se trouve la bibliothèque des élèves et la salle polyvalente, bénéficient d'une vue d'extérieur sur ce jardin.

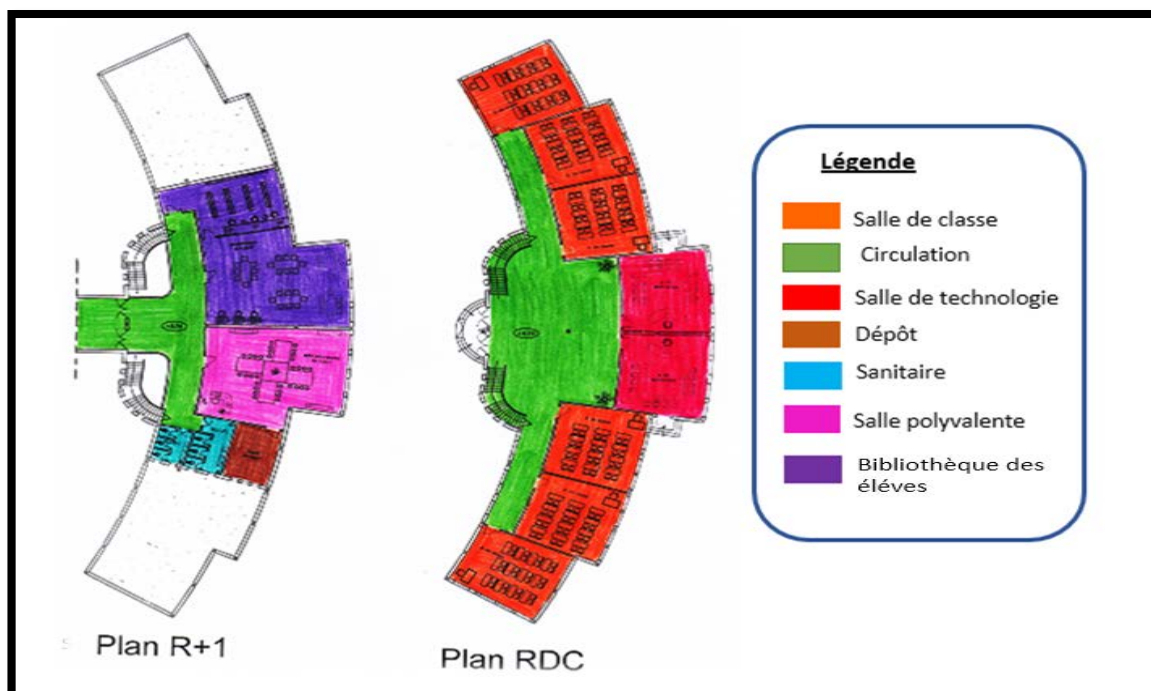


Figure 104: Plans du bloc d'éducation au développement durable
[Source : Auteurs]

Deux passerelles mènent à un bâtiment sur pilotis destiné à l'enseignement général son organisation a été choisie pour obtenir le maximum de lumière naturelle dans les salles de classe, il bénéficie d'une grande surface de circulation qui permet d'organiser le flux des élèves à l'heure d'entrée et de sortie, afin d'éviter les accidents due a la forme de couloir.

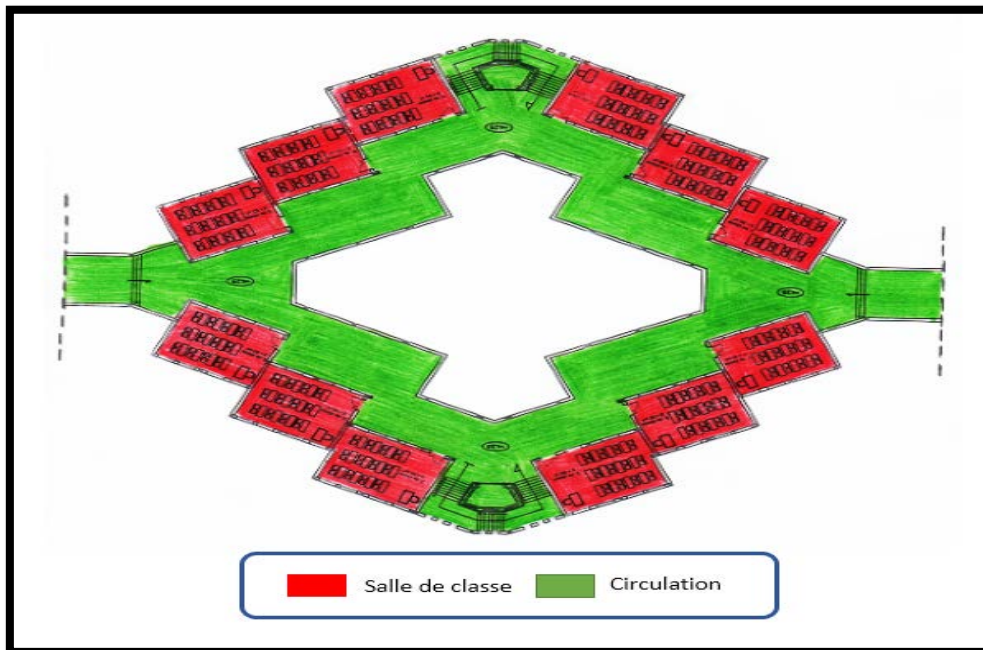


Figure 105: Plan du bloc pédagogique
[Source : Auteurs]

5.5.3 *Façades :*

Les façades sont traitées tout comme un filet (sa forme est inspirée de la trame urbaine de la ville), dont les ouvertures sont des moucharabias, pour laisser la lumière naturelle pénétrer l'espace, les poteaux apparents sont sculptés pour donner la forme d'un tronc d'arbre afin de refléter l'aspect environnementale du projet, dont le filet représente la continuation du ce tronc.

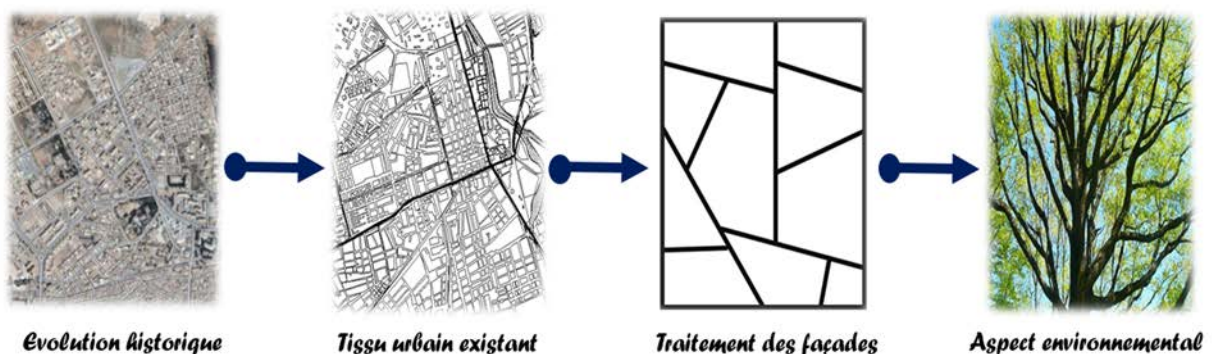


Figure 106: schéma de matérialisation de l'idée des façades
[Source : Auteurs]



Figure 107: Façade Ouest du collège
[Source : Auteurs]

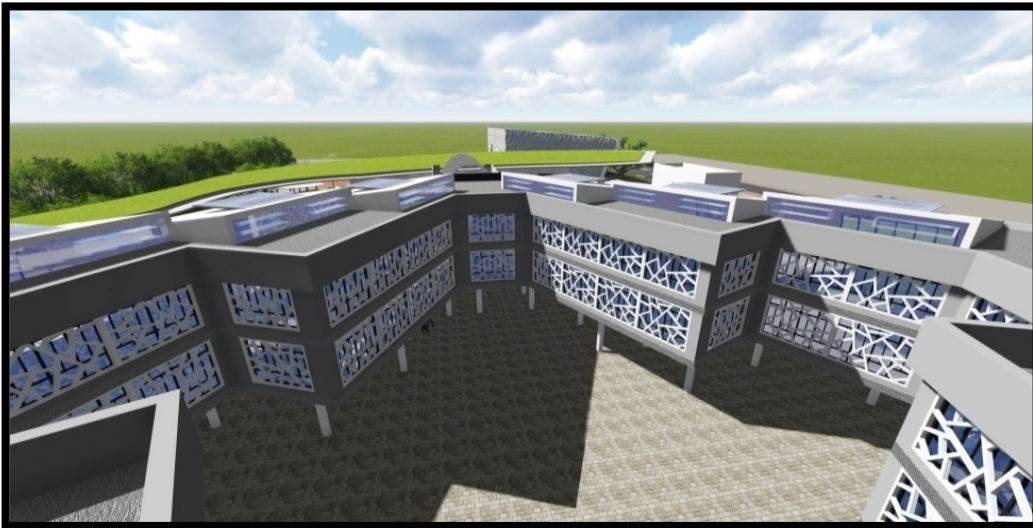


Figure 108: Vue sur les salles de classe
[Source : Auteurs]

SYNTHESE :

Bien insérer un nouveau bâtiment dans un site a également pour objectif de protéger le cadre de vie des riverains en respectant leur droit au soleil, au calme et a la vue. L'intégration de tout ces aspects dans une perspective de développement durable conditionne le plan de masse, l'orientation du ou des bâtiments, le choix architecturaux, le traitement des espaces extérieurs.

*6 APPROCHE
TECHNIQUE*

INTRODUCTION:

La prise en compte des enjeux environnementaux dans les opérations de construction a des implications sociales, écologiques et économiques. Elle doit faire objet d'une démarche globale, objective et rationnelle. Le but de ce chapitre est d'apporter les éléments réponse atteints dans notre projet d'architecture scolaire durable.

6.1 SYSTÈME CONSTRUCTIF:

A fin d'assurer la flexibilité des espaces dans notre projet le choix de système poteau-poutre en béton armé a été fixé pour tout les blocs a l'exception du bloc d'enseignement générale.

Les murs sont en brique a alvéoles multiples d'une épaisseur de 30 cm [$U=0.6w /m^2.k$] a une forte capacité thermique en le comparant avec le brique ordinaire, il permet de diminué la déperdition énergétique jusqu'à 30%



Figure 109: ossature en béton armé
[Source : <http://www.calcia-infos.com>]

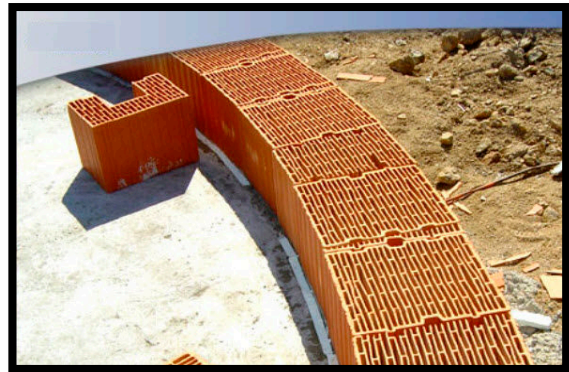


Figure 110: briques alvéoles
[Source : <http://www.bricobistro.com>]

Vue la forme complexe du bloc pédagogique, le choix de béton auto plaçant été l'un des solutions favorables, pour garantir a la structure la résistance et la durabilité.



Figure 112: Béton auto plaçant
[Source : <http://www.calcia-infos.fr>]



Figure 111: Vue sur le bloc pédagogique
[Source : Auteurs]

6.2 ASPECTS LIEES AU DEVELOPPEMENT DURABLE :

Appliquer à l'architecture, la qualité environnementale suppose à l'intégration des nouvelles exigences dans le processus globale de la construction et nécessite des changements dans le comportements des professionnels et des usagers .

6.2.1 *Isolation renforcé de l'enveloppe*

Dans un bâtiment l'isolation du mur, planchers et des toitures présente souvent des points faibles ou des discontinuités inhérentes aux procédés de construction ou un manque de précision dans la mise en œuvre ,

L'isolation renforcé permet de supprimer presque tous les ponts thermiques et réduire la consommation d'énergie, jusqu'à 20 % ;

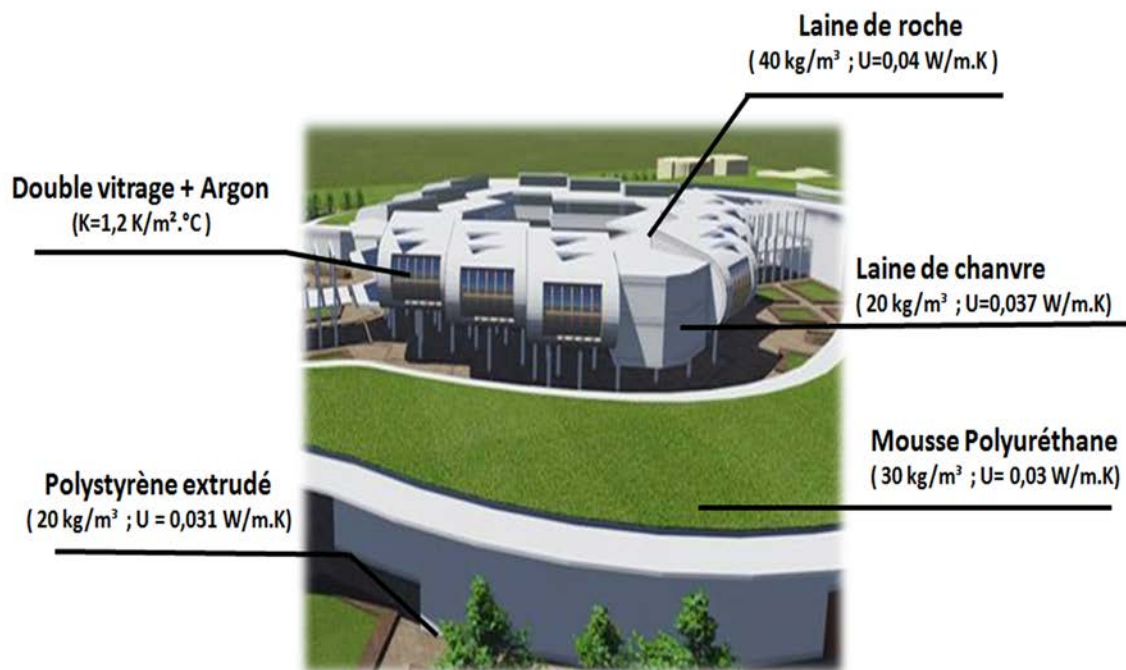


Figure 113 : Isolation renforcé de l'enveloppe
[Source : Auteurs]

6.2.2 *Augmentation des apports gratuits :*

L'optimisation de l'énergie solaire passive accroît l'autonomie du bâtiment et réduit la consommation d'énergie, pour valoriser le potentiel offert par le soleil en saison hivernale, il était nécessaire de mise on œuvre les solutions présentés dans la figure suivante :

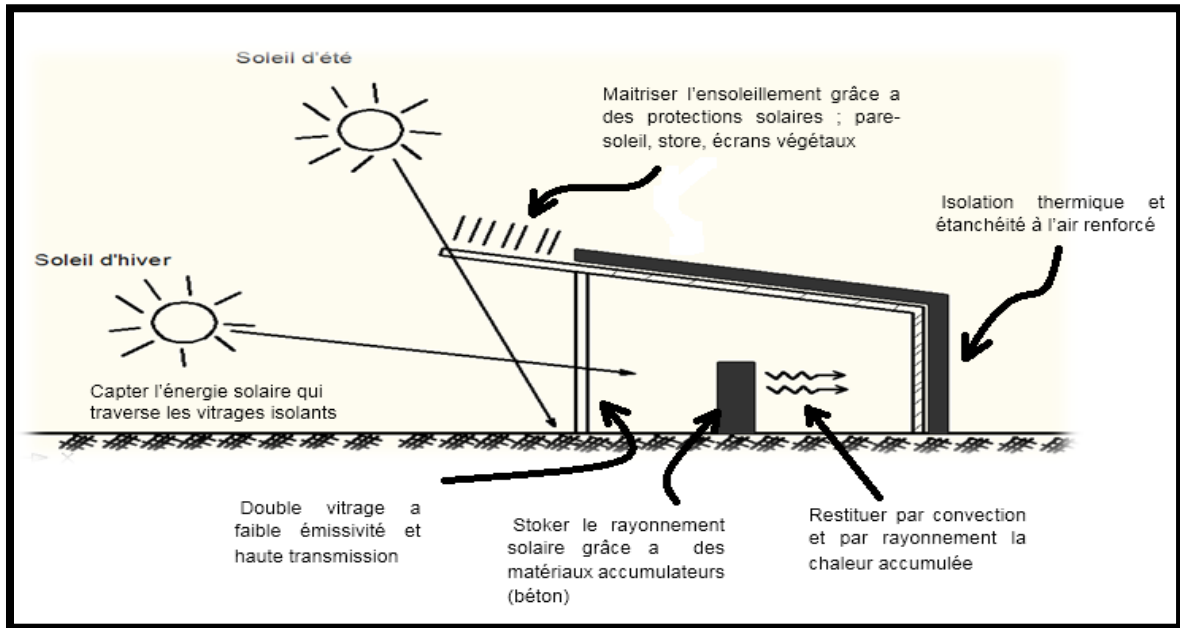


Figure 114 : Méthodes d'optimisation des apports solaires
 [Source ;Gauzin-Muller.D, *Architecture écologique* . Le moniteur.France.2008]

6.2.2.1 Orientation et dimensionnement des ouvertures :

Le captage d'énergie solaire qui traverse e des vitrages isolants dimensionnées en fonction de l'orientation ; 40 à 60% de surface vitrée sur la façade sud, 10 à 15% sur façade nord, et moins de 20% sur façade est et ouest.

- La façade Sud est munie des larges ouvertures vitrées Pour limiter les surchauffes d'été, une casquette a été conçue, permet de stopper 60 % de l'ensoleillement .en hiver, elle laisse largement pénétrer la lumière pour réchauffer l'intérieur du collège.
- Les façades Est et Ouest sont également protégées par l'avancée du premier étage et du toit (bloc administrative)



Figure 116: Façade Sud du collège
 [Source : Auteurs]



Figure 115: Façade Ouest du collège
 [Source : Auteurs]

6.2.2.2 Vitrage intelligent :

Au Sud, à l'est et à l'Ouest, les vitres sont en double vitrage peu émissif avec une lame d'argon, Les vitres de la façade nord sont en triple vitrage. Les cadres sont en bois et comportent une isolation supplémentaire en liège.

Ce vitrage concilie une grande transparence, un bon coefficient de transmission surfacique U et un facteur solaire S suffisant pour limiter les échanges thermiques entre l'extérieur et l'intérieur

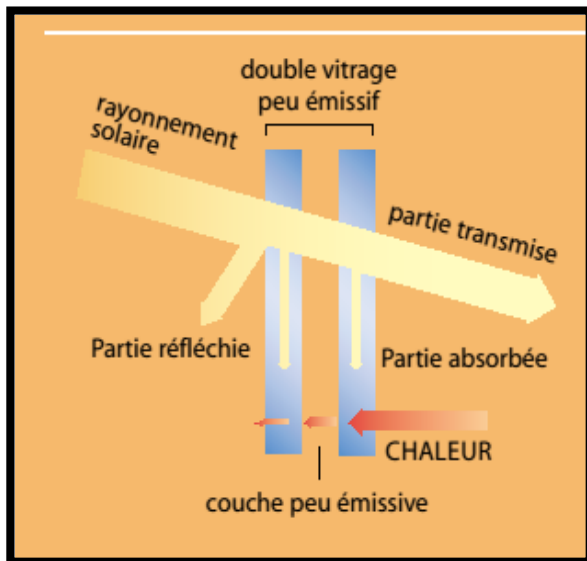


Figure 118: coupe de double vitrage
[Source ; Bâtiment du futur .N°69 .Juillet 2012]

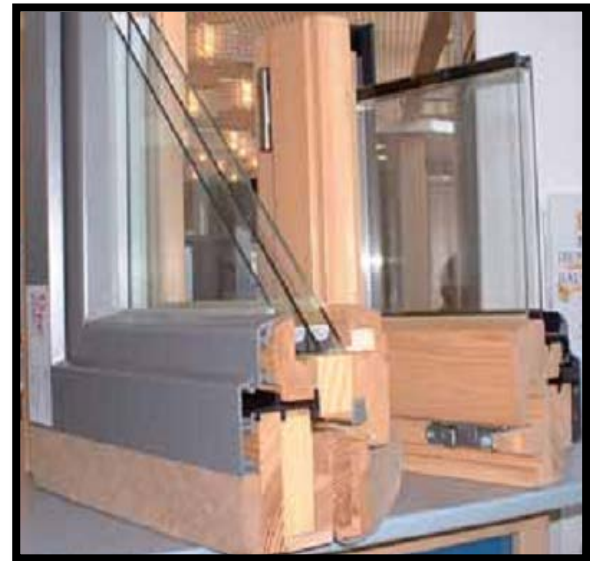


Figure 117: fenêtre triple vitrage
[Source ; Cythelia.Maison Zen.2012]

6.2.2.3 Toiture végétalisée :

Elle permet d'améliorer le paysage urbain et à apporter des effets régulateurs sur le microclimat (température, qualité de l'air, humidité).

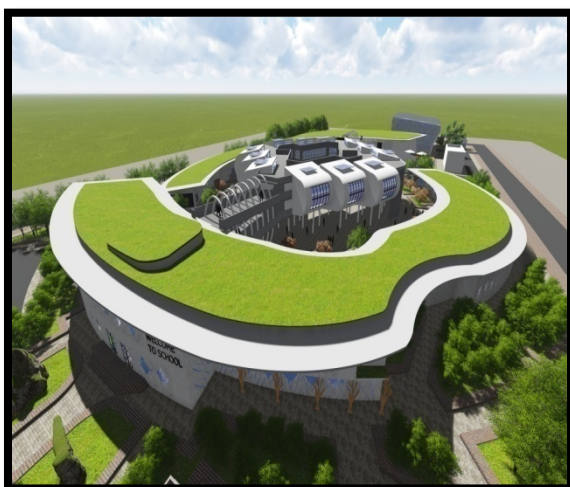


Figure 120: Vue aérienne sur le collège
[Source ; Auteurs]

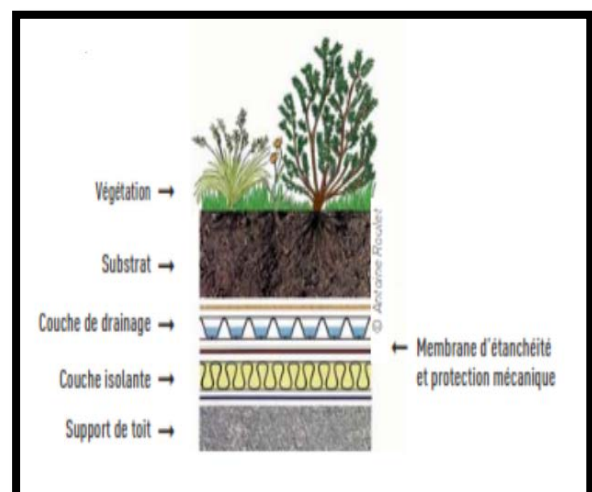


Figure 119: coupe de toiture végétalisée
[Source ; <http://comprendrechoisir.com>]

6.2.3 Mise en place d'une Ventilation naturelle :

Le principe de la ventilation est d'insuffler de l'air neuf/propre dans le bâtiment, puis de faire circuler cet air à travers les zones à ventiler, pour enfin extraire l'air vicié et le rejeter à l'extérieur. Deux types de ventilation sont mis en place ; ventilation par atrium (dans le bâtiment d'administration), la ventilation transversale.

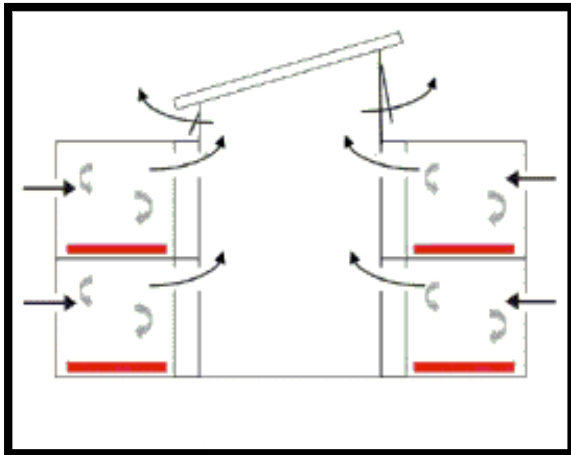


Figure 122 : Ventilation par atrium
[Source : <http://breathingbuilding.com>]

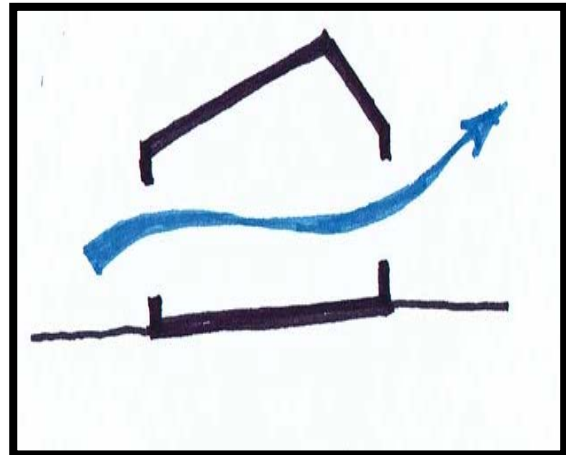


Figure 121: Ventilation transversale
[Source : <http://www.ekmagazine.com>]

6.2.4 Favoriser les apports en lumière naturelle :

- Limitation de l'effet de masques entre les pôles, (bâtiments ne dépassant pas R+1).
- Les bâtiments sont développés sur un arc de cercle, ce que leur offre une bonne répartition des rayons solaires
- Dans le bâtiment de l'administration la lumière naturelle pénètre au centre grâce à l'atrium (éclairage zénithal).
- Les salles de classe bénéficient d'une double orientation avec des grands baies vitrés afin d'éviter l'éblouissement, ils sont disposés d'un seul côté de couloir ce que leur offre une vue sur extérieur (couloir bien éclairé).

6.2.5 Récupération des eaux pluviales:

La récupération des eaux de pluie consiste à collecter l'eau via la gouttière grâce au toit végétalisé incliné, à la stocker dans une citerne protégée de la lumière, de la chaleur et du gel et alimenter le réseau d'eau potable (pour l'utiliser au sanitaire) ou passe de la gouttière vers une citerne destinée à l'arrosage)

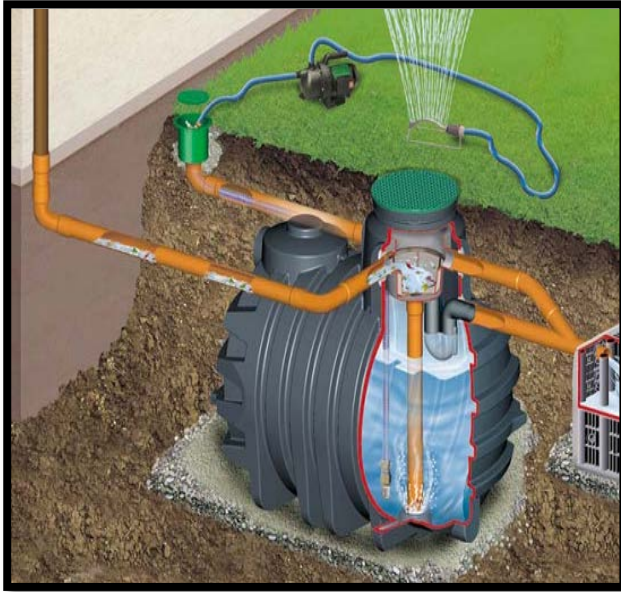


Figure 124: Cuve de récupération d'eau pluviale
[Source : Cythelia.Maison Zen.2012]

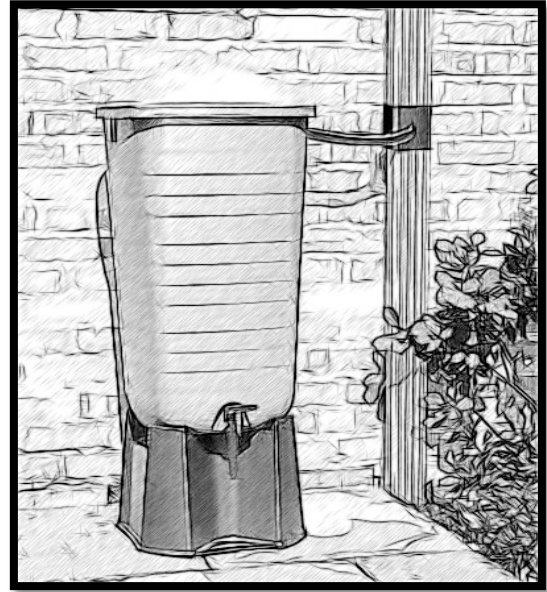


Figure 123: réservoir d'eau d'arrosage
[Source : Bâtiment du futur .N°69 .Juillet 2012]

6.2.6 Recourir aux énergies renouvelables locales

Les générateurs sont reliés au réseau après conversion du courant continu en courant alternatif par des onduleurs. En cas de déficit de la production photovoltaïque, le réseau fournit l'énergie d'appoint.

Le rendement est varié en fonction de l'orientation des panneaux, de l'ensoleillement, de l'heure de la journée et de la période de l'année. Les panneaux sont installés dans le toit du bloc d'enseignement général et orientés sud.



Figure 125: Panneaux photovoltaïque
[Source : Guide de l'ecoconstruction.Ademe.2006]



Figure 126: l'emplacement des panneaux photovoltaïque dans le collège
[Source : Auteurs]

6.2.7 Gestion d'éclairage :

L'éclairage électrique est assuré par des détecteurs de mouvements, l'intensité lumineuse réglable grâce à une télécommande manuelle actionnée par les professeurs en fonction de la lumière naturelle.

6.2.8 Gestion de l'eau:

Installation de mitigeurs et capteurs infrarouges pour limiter la consommation d'eau (détecteur de présence).



Figure 128: détecteur de mouvement
[Source : *Bâtiment du futur* .N°69 .Juillet 2012]



Figure 127: robinet avec capteur infrarouge
[Source : <http://www.comprendrechoisir.com>]

SYNTHESE:

Le choix des matériaux de construction doit être fondé sur un ensemble de critères techniques, économiques, esthétiques auxquels s'ajoutent les critères environnementaux.

Pour être économe en énergie le bâtiment doit tirer profit des apports gratuits, et doit posséder une enveloppe performante (isolation thermique) , des équipements adaptés à haut rendement et un système de gestion informatisé permettant d'ajuster au mieux la consommation aux besoins.

*7 APPROCHE
DURABILITE ET
SIMULATION*

Introduction :

On désigne la ventilation naturelle comme étant l'ensemble des systèmes passifs ayant pour but de renouveler l'air intérieur, ainsi que de participer au confort dans les pièces ventilées par apport d'air neuf frais ou par brassage d'air.

La maîtrise de la ventilation naturelle répond à des enjeux multiples. En premier lieu elle permet au bâtiment de disposer d'une qualité d'air intérieur suffisante pour la santé des occupants, en remplaçant l'air vicié par de l'air neuf. En second lieu elle participe à la pérennité des bâtiments en évacuant l'humidité qui pourrait être source de détérioration.

7.1.1 Problématique :

Une Ventilation peut être provoquée mécaniquement ou naturellement pour atteindre le confort hygrothermique et olfactif dans les établissements scolaires.

- Favoriser le renouvellement de l'air dans les établissements scolaires grâce à l'ajustement des éléments architecturaux du bâtiment selon la variation des conditions climatiques, est-il possible ?
- Quel est l'impact de la hauteur des ouvertures sur la ventilation naturelle ?

7.1.2 Hypothèses :

La stratégie de ventilation naturelle adoptée dépend principalement de type d'activité, de l'orientation et les dimensions de l'espace et également de l'orientation, la position et la surface des ouvertures.

Afin de répondre à la problématique de la ventilation naturelle, on dresse les hypothèses suivantes :

- L'augmentation du nombre des ouvertures améliore le renouvellement d'air dans l'espace quel que soit leurs hauteurs.
- Les grandes ouvertures permettent un renouvellement d'air mieux que les petites ouvertures.
- Les espaces à hauteur d'ouverture élevée seront mieux ventilés que les espaces à hauteur d'ouverture réduite.

7.1.3 Objectif de la recherche :

Afin de répondre à l'objectif du confort, le concepteur doit tenir compte de :

- Volume fonctionnel avec une hauteur réglementaire ;

- Renouvellement d'air admissible.
- Réduction de la consommation d'énergie.

L'objectif consiste à tester le comportement thermique d'établissement scolaire dans la zone semi-aride vis-à-vis des conditions climatiques extérieures. Cela concerne l'étude de l'impact de la hauteur des ouvertures sur le renouvellement d'air dans les salles de classe.

7.1.4 Approche méthodologique du travail :

Afin de vérifier les hypothèses proposées et atteindre les objectifs assignés, la méthodologie se base sur l'étude numérique (simulation) par logiciel Energyplus et l'analyse des résultats.

Energyplus™: est un outil de simulation thermique dynamique développé par le département de l'énergie d'USA. Il est particulièrement complet notamment pour la prise en compte des équipements énergétiques des bâtiments mais aussi de phénomènes complexes comme la ventilation naturelle²⁵

²⁵ http://exportation-a-energyplus.cype.fr/#liste_modules_mep

7.1.5 Etude numérique et simulation ;

7.1.5.1 Paramètres de simulation :

a) Modèle choisi pour la simulation :

Vue la difficulté de simuler une forme arrondie par Energyplus, on a choisi un modèle simplifié d'une classe avec une partie de couloir, on préservant les même conditions (surface, volume ...).



Figure 129: Zone a simuler
[Source : Auteur]

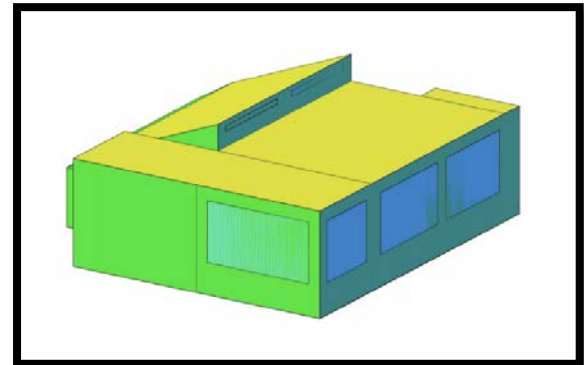


Figure 130: Modèle de base en 3D
[Source : Auteur]

a.1) Dimension d'espace :

Le modèle choisi a une forme rectangulaire, avec une surface de 60m² et un volume de 241.200m³

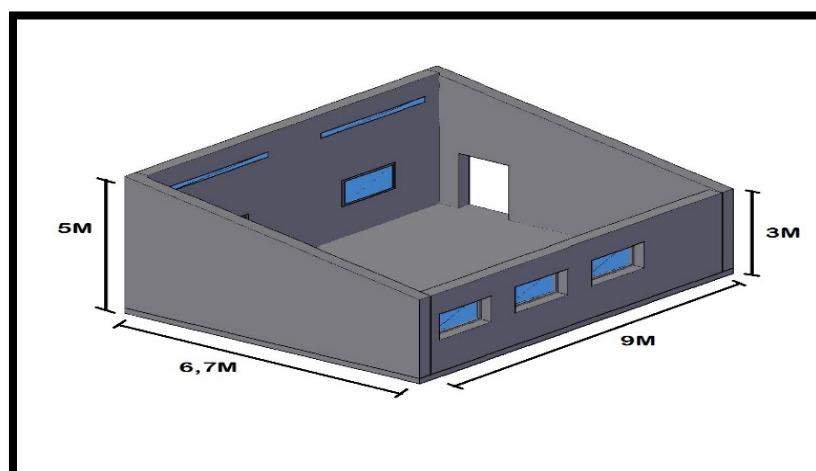


Figure 131: Dimension de l'espace simulé
[Source : Auteur]

a.2) Orientation :

On a effectué la simulation d'un espace qui bénéficie d'une double orientation, l'une des façades est orientée Nord-Est et l'autre est orientée Sud-Ouest. (sous vent) .

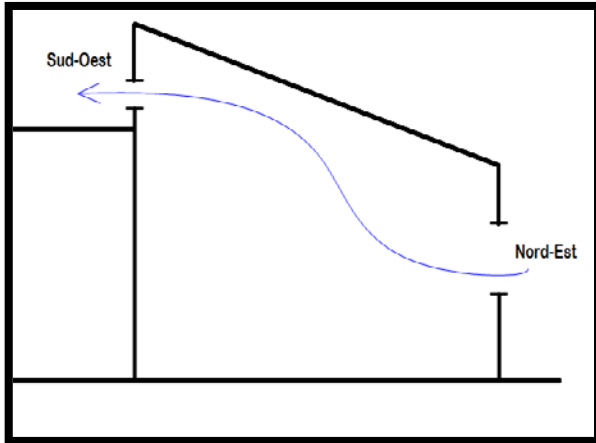


Figure 133: Coupe de la zone de simulation
[Source : Auteur]

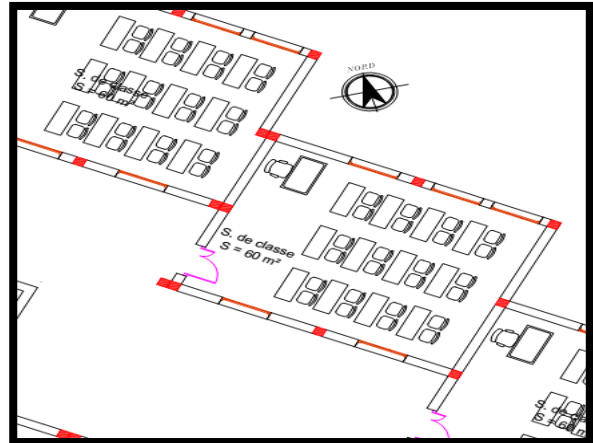


Figure 132: Plan de la zone de simulation
[Source : Auteur]

a.3) Taille des ouvertures :

On a utilisé deux types d'ouvertures, des fenêtres latérales et des bandeaux vitrés.

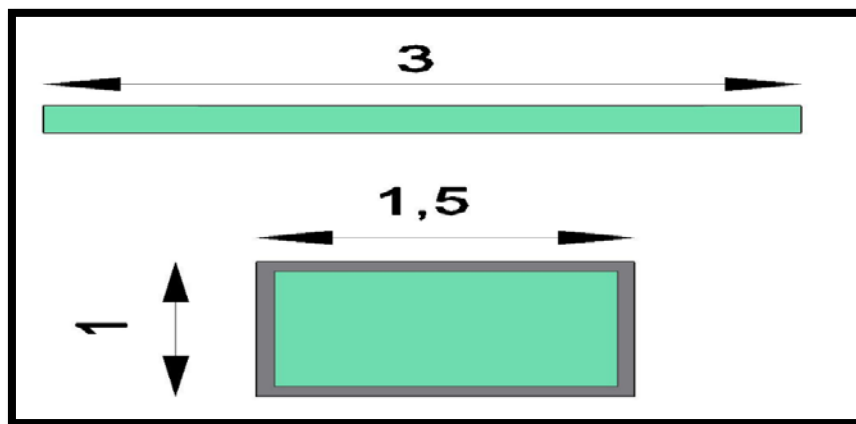


Figure 134: Dimension des ouvertures
[Source : Auteur]

7.1.5.2 Condition de simulation

Le fichier climatique qu'on a utilisé se compose des données climatiques mesurées à la ville d'Oklahoma (sa latitude est la même que celle d'Ain-Ouessara 35°44') entre 1991 et 2005.

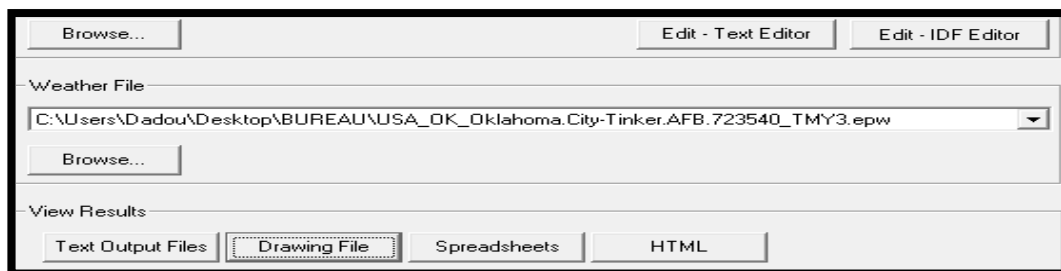


Figure 135: fichier climatique de la simulation
[Source : Auteur]

7.1.5.3 Période de simulation :

Vu que la problématique de confort d'hiver a été grandement traitée par plusieurs recherches, on a choisi d'évaluer l'aspect de ventilation de l'été, en période d'examen scolaire (caractérisée par un gêne très constaté et un stress causé par la chaleur et la sensation d'inconfort).

On a exécuté la simulation pour une journée type d'été du mois de Mai ou on a enregistré la température la plus élevée (23°C) durant l'année scolaire,

Pour assurer la ventilation dans le climat semi-aride, le bâtiment doit être adapté aux conditions d'été.

7.1.5.4 Codification des cas :

Pour la validation de notre travail, on a essayé d'évaluer trois cas, pour comparer leurs résultats avec le cas initial, et pour faciliter leur identification, on a attribué un code à chaque cas, ce code correspond au niveau d'élévation du bandeau.

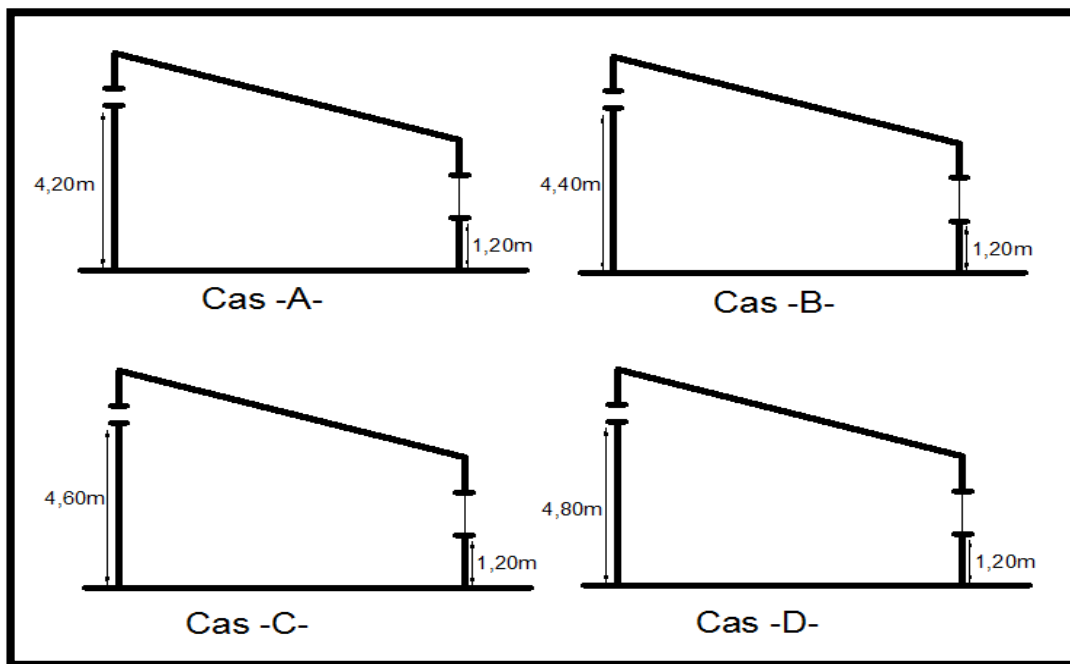


Figure 136: Codification des cas de simulation
[Source : Auteur]

7.1.5.5 Présentation des résultats :

La simulation consiste à comparer les résultats des différentes cas et non pas de définir le cas le plus favorable, supposant que d'autre dispositifs sont utilisées pour améliorer le renouvellement d'air, donc notre travail consiste à identifier les cas qui offrent un taux de renouvellement d'air satisfaisant et normatif.

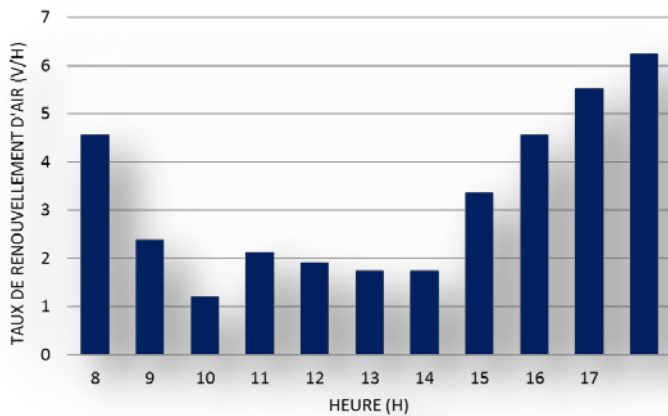


Figure 137: Taux de renouvellement d'air, Cas –A-

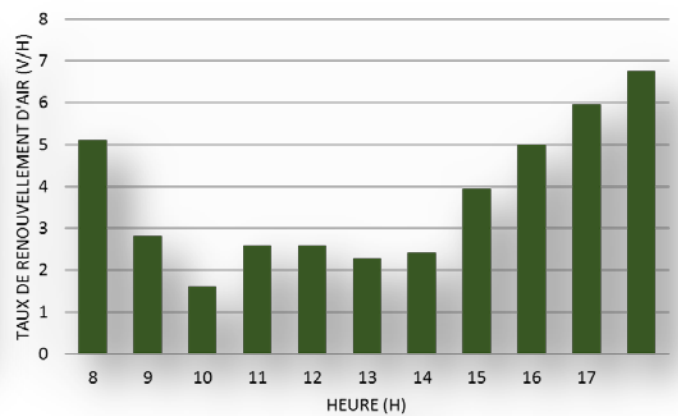


Figure 138: Taux de renouvellement d'air, Cas –B-

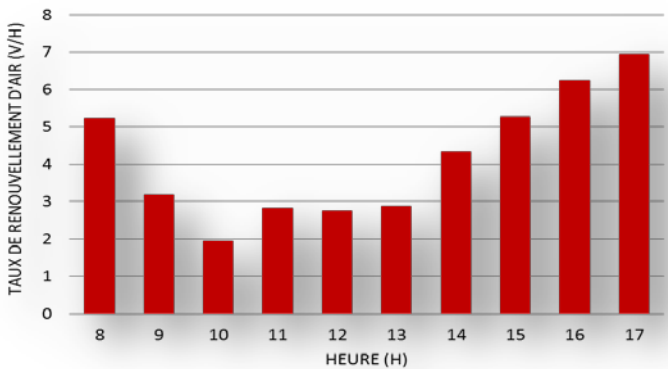


Figure 139: Taux de renouvellement d'air, Cas –C-

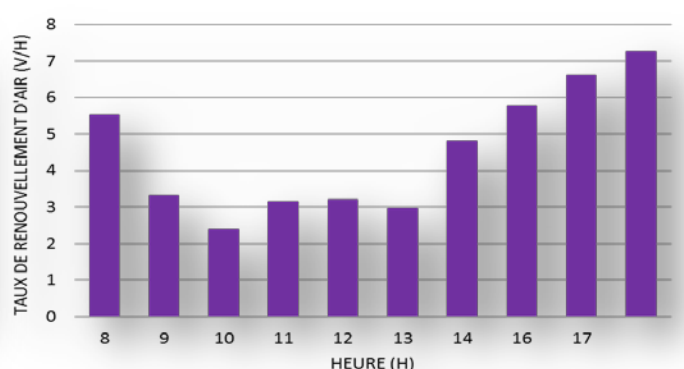


Figure 140: Taux de renouvellement d'air, Cas –D-

Les graphes présentés ci-dessous montrent que :

- Le taux de renouvellement d'air est varié entre 1,4 v/h enregistré à 14h dans le cas A, et 6,6v/h enregistré à 17h dans le cas D.
- Le taux de renouvellement d'air dépasse parfois la valeur normative (3v/h) ce qui provoque un courant d'air gênant.
- Les ouvertures à niveau plus élevé offre des conditions de renouvellement d'air plus ou moins élevé que celle à hauteur d'ouverture réduite, même si la différence ne dépasse pas les 20 centimètres

7.1.6 Synthèse :

L'augmentation du niveau d'élévation des bandeaux, fait augmenter le différentiel de pression entre ce dernier et la fenêtre basse, ce qui provoque un effet de tirage thermique, et améliore le renouvellement d'air dans l'espace. [voir figure141] ce que confirme l'hypothèse départ .

En fonction des débits de ventilation à mettre en œuvre (adaptés aux besoins des occupants, et réglementaires), des autres exigences à respecter (confort thermique, confort acoustique, économies d'énergie) et des autres paramètres à prendre en

compte (caractéristiques de l'air extérieur, environnement), il est possible de s'orienter vers différentes solutions, avec des divers degrés d'adaptation.

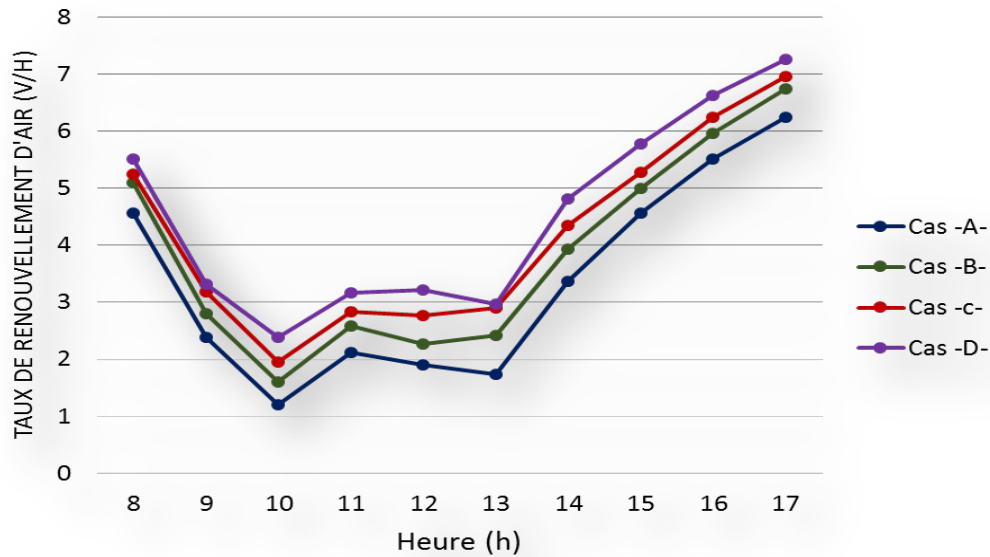


Figure 141: Taux de renouvellement d'air de quatre cas

7.1.7 Recommandations :

Dans les conditions climatiques de la ville d'Ain Ouessara en particulier en hiver où les températures sont trop basses, l'air nécessite un préchauffe avant d'être introduit à l'intérieur de l'espace, donc le renouvellement d'air provoque une perte de chaleur, et pour cela on propose l'intégration d'un système passif de ventilation qui est les puits canadiens, ce système joue le rôle de géothermie, il réchauffe l'air en hiver et le refroidir en été. , il nous permet de contrôler le taux de renouvellement en fonction des besoins en ventilation.

CONCLUSION GENERALE :

Dans n'importe quel lieu et sous toute condition climatique, l'architecture durable reste à des rares exceptions près confidentielle, la construction des bâtiments qui constitue toujours un secteur économique important, n'intègre pas ou presque pas les contraintes environnementaux.

La pratique d'un petit nombre de convaincus, l'architecture durable renvoie parfois l'image de quelques constructions cossues, associant grande volumétrie, raffinement des espaces, jeux subtils entre ambiances intérieure et extérieure.

A un autre extrême, elle se traduit pour certains de ses adeptes, par le rejet des systèmes industriels, l'auto-construction.

Entre esthétisme luxueux et paupérisme, l'architecture durable que nous promovons, doit être avant tout une composante normale de toute architecture. Elle repose sur une réappropriation des principes oubliés ou nom d'approche technologique qui ont permis à l'architecte de concevoir sans intégrer la contrainte durable, et à l'ingénieur de rattraper les erreurs commises par un recours immodéré aux équipements techniques, consommateur d'énergie, longtemps bon marché.

Sans forcer le trait on en est arrivé à :

- Des bâtiments populaires, économiques, souvent oubliés du bien-être de leurs usagers
- Des immeubles de prestige, oubliés de l'environnement, associés à des coûts d'exploitation élevés et considérés comme fatals.

Dans un cas comme dans l'autre l'architecture non durable est vécue par ses usagers avec résignation ou indifférence.

Ce que la crise d'énergie n'a pas réussi à introduire, un substantiel développement de l'architecture durable, la nouvelle préoccupation environnementale le permettra peut-être.

L'approche environnementale, en matière de bâtiment concerne trois niveaux ; local et de proximité, régional, planétaire. L'architecture durable peut contribuer positivement au premier et au troisième d'entre eux :

- Par la qualité des ambiances intérieures et des relations entre bâtiments et son proche environnement d'une part.
- Par la moindre consommation d'énergie et le moindre recours aux énergies non renouvelables d'autre part.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUEOuvrage :

- **Achard, P., Gicquel, R.** (1986) . *European Passive Solar Handbook. Commission.*
- **Baker.N et Steamers.K.** (2002). *Daylight design of buildings.* Ed. James & James (science publishers) [Ltd, 35-37 William Road, London, NW1 3ER, UK.]
- **Barbarin.C** (2001) *Ventilation performante dans les écoles. CITIAT .France*
- **Bodart.M** (2013) *Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable.* Editeur. Obsev'ER, Paris.
- **Bouvier.F** (1988). *Eclairage naturel, traité construction.* Technique de l'ingénieur, Paris.
- **Chatelet. A, Fernandez. P, Lavigne. P,** (1998), « *Architecture climatique ; une contribution au développement durable* ». Tome 02 .Edi sud, Aix-en-Provence.
- **Conan, M.** (1997) *Concevoir un projet d'architecture.* 1ere éd.l'Harmattan.Paris .
- **Collard.B et Fabrice.D,** (2000) *L'éclairage dans les écoles.* NUANCE. Wallonne
- **Denoed, B,** (2002). *L'éclairage.* Ergonomie B1 chapitre 13 – leçon 5.
- **EnergyPlus™** . (2005) *Getting started with Energyplus .California.*
- **Gauzin-Muller.D** (2008) . *Architecture écologique .* Le moniteur.France.
- **Givoni, B** .(1978). *L'homme l'architecture et le climat.* édition le Moniteur.Paris.
- **Jean-Pierre.O, Bosse-Platiere.A, AUBERT.C,** (2000) « *Maisons écologiques d'aujourd'hui* », édition Terre vivante, Paris .
- **Liébard, A. et De Herde, A.,** (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques,*
- **Miguet, F** .(2000). *Paramètres physiques d'ambiances architecturales: Un modèle numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain.*Isitem.Nante
- **Moreau. I et Tardivon. C,** (2007), « *Développement durable et architecture responsable* », CNOA. Paris
- **Neema,P** , (2010), « *le développement et l'architecture durable* », DPLG .Paris
- **Twarowski ,M** (1991).*soleil et architecture, guide pratique pour le projet..* PACER .Paris
-

Revue, congr e et cahier scientifique :

- **Bâtiment du futur** .N 69 .Juillet 2012
- **Grand-duché** (2011) *Recueil des acteurs de l'éducation au développement durable*. Luxembourg.
- **Guide de conception éducatif** .UNESCO . Paris. Juillet 1999
- **Haute Qualité Environnemental association** (2010), « *La qualité environnementale des bâtiments* ». ADEME
- **La commission mondiale sur le développement et l'environnement, (1987)** *Rapport Brundtland* « *Notre avenir à tous* ».
- **Sigrid.R. de Herde.A** (2001) . L'éclairage naturel des bâtiments. Ministère de la région de WALONNE, Université catholique de Louvain, Belgique
- **W- El baba.** (2010) *La construction durable à portée de main.*.Bayrût.

Thèse :

- **Bencheikh.H** : 2007 Thèse doctorat , université Mentouri de Constantine Thème : Etude et réalisation d'un système de refroidissement Passif en utilisant une Toiture radio-évaporatoire dans les climats Chauds ET arides
- **Chavez,J.G.** 1989.The potential of beam core daylighting for reducing the energyconsumption of artificial lighting and air conditioning in hot-arid region of Mexico. PHD Thesis.The Architectural Association Graduate School of Architecture.
- **Claire.M** : 2006 , Mémoire fin de formation en HQE.. Ecole d'architecture Lyon .
- **Magri Elouadjeri.S,** 2005. Rapport entre éclairage naturel et confort thermique Dans les milieux à climat chaud aride Proposition d'une typologie de dispositifs architecturaux Mémoire de magistère epaut Alger .
- **Mofok, M.** 2009 la gestion des conditions d'éclairages naturel a travers le vitrage intelligent Pour les salles de cours de l'universit Ziane achour –djelfa. Mémoire de magister en architecture. Université de Laghouat

Site internet :

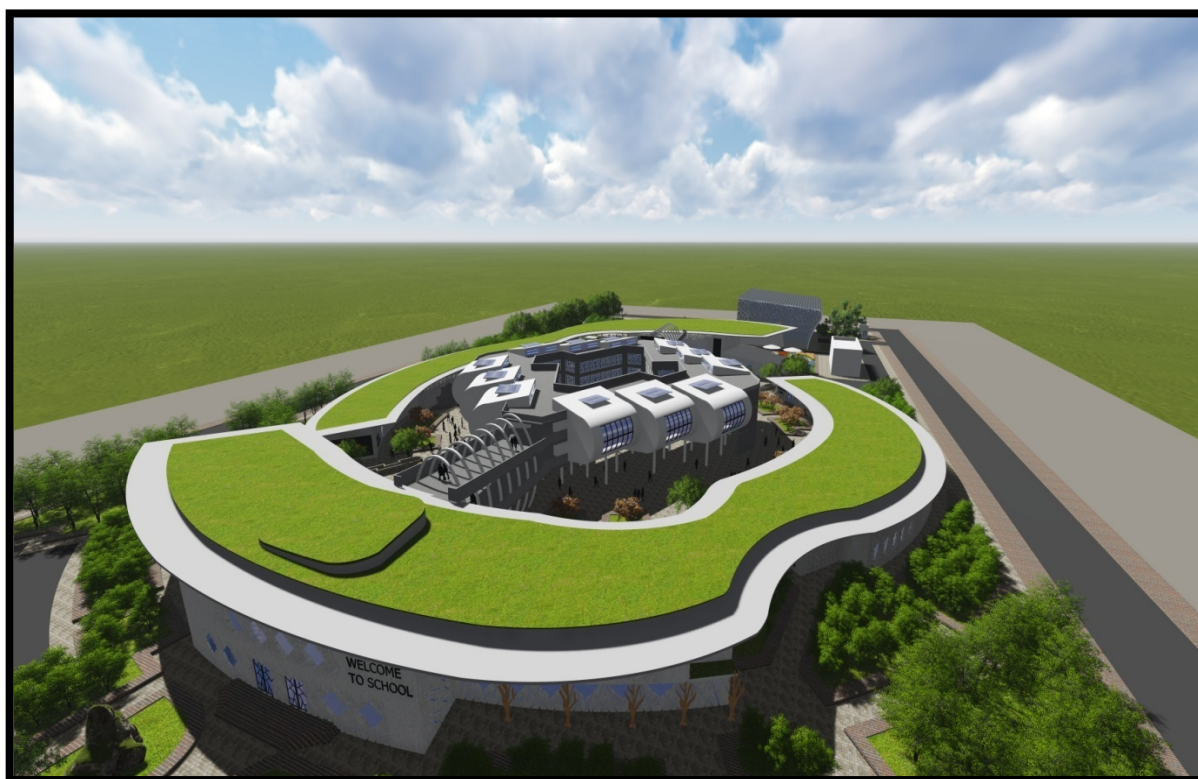
- <http://www.bio a la lune.com>
- <http://www.Comprendre choisir.com>
- <http://www.éco  cole.fr>
- <http://www.charte eco responsabilité.com>
- <http://www.Atlas des colleges.com>
- <http://www.jle.com/cahier.agricultures>
- <http://www.nicole.cortail.net>

Annexes

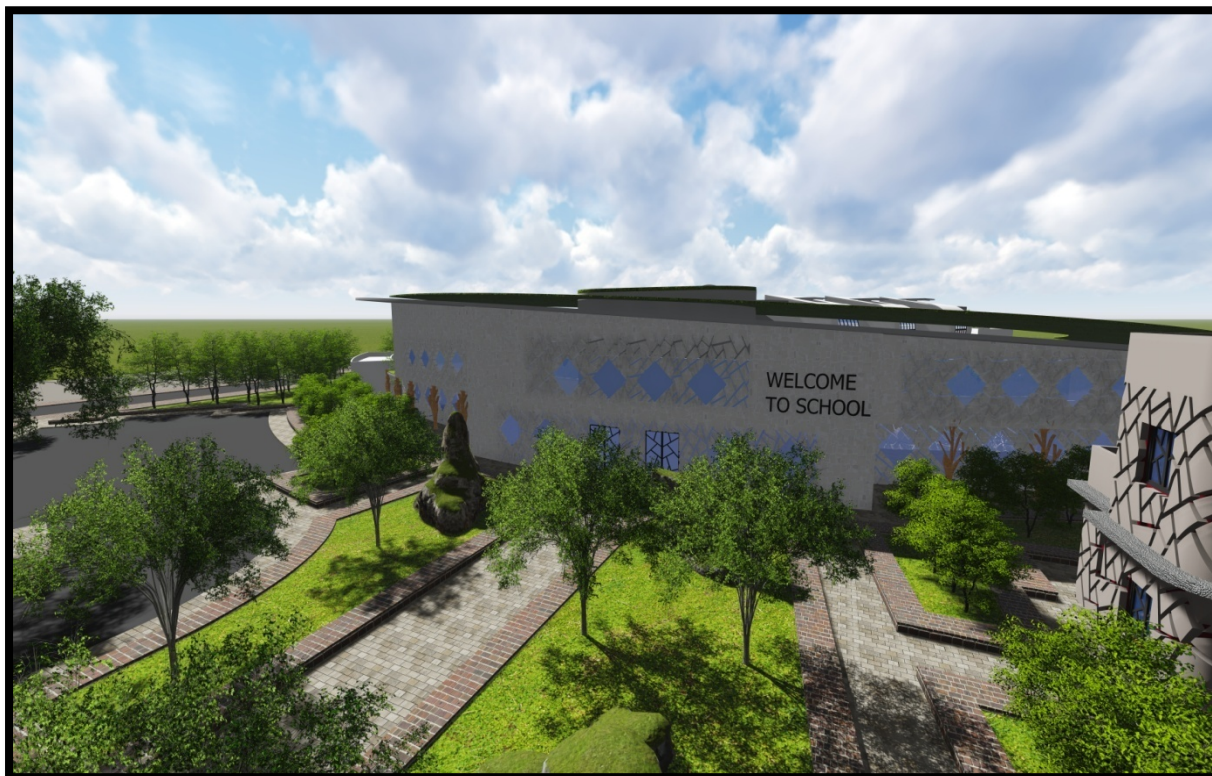
Annexe 06: Vues en 3D



Vue aérienne sur le côté sud-est du collège



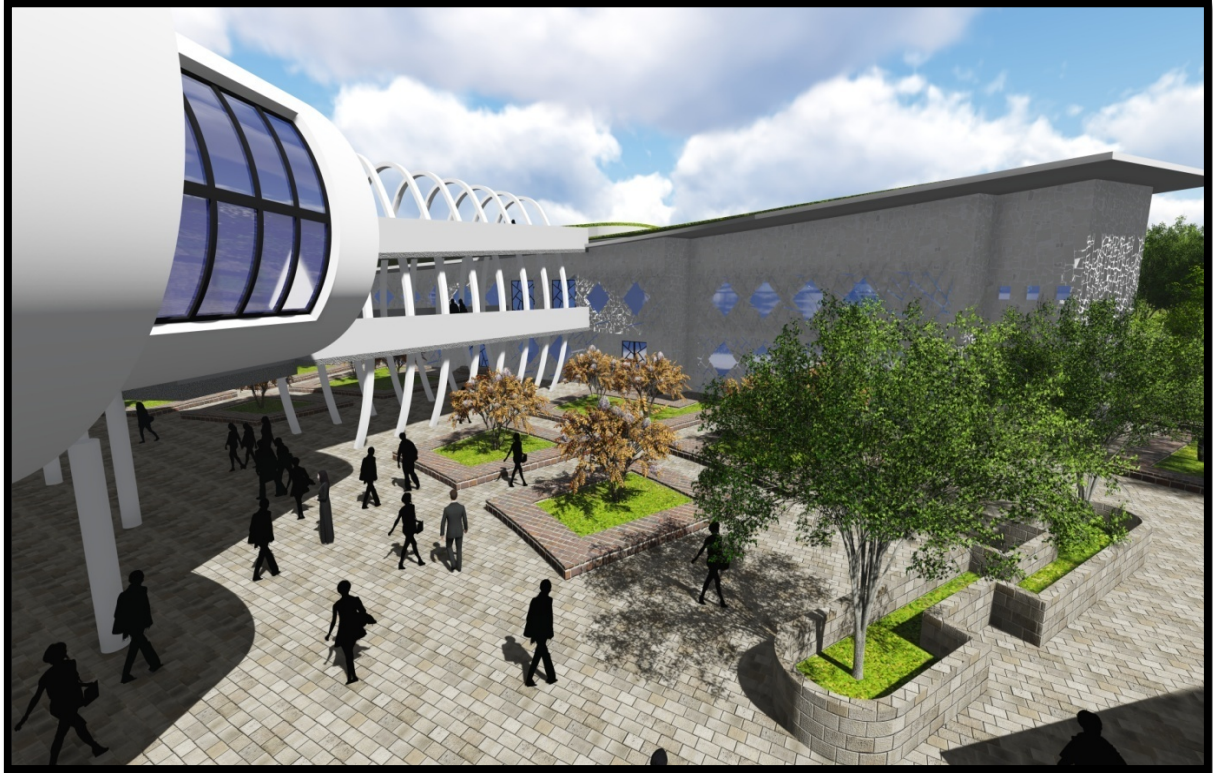
Vue aérienne sur le côté ouest du collège



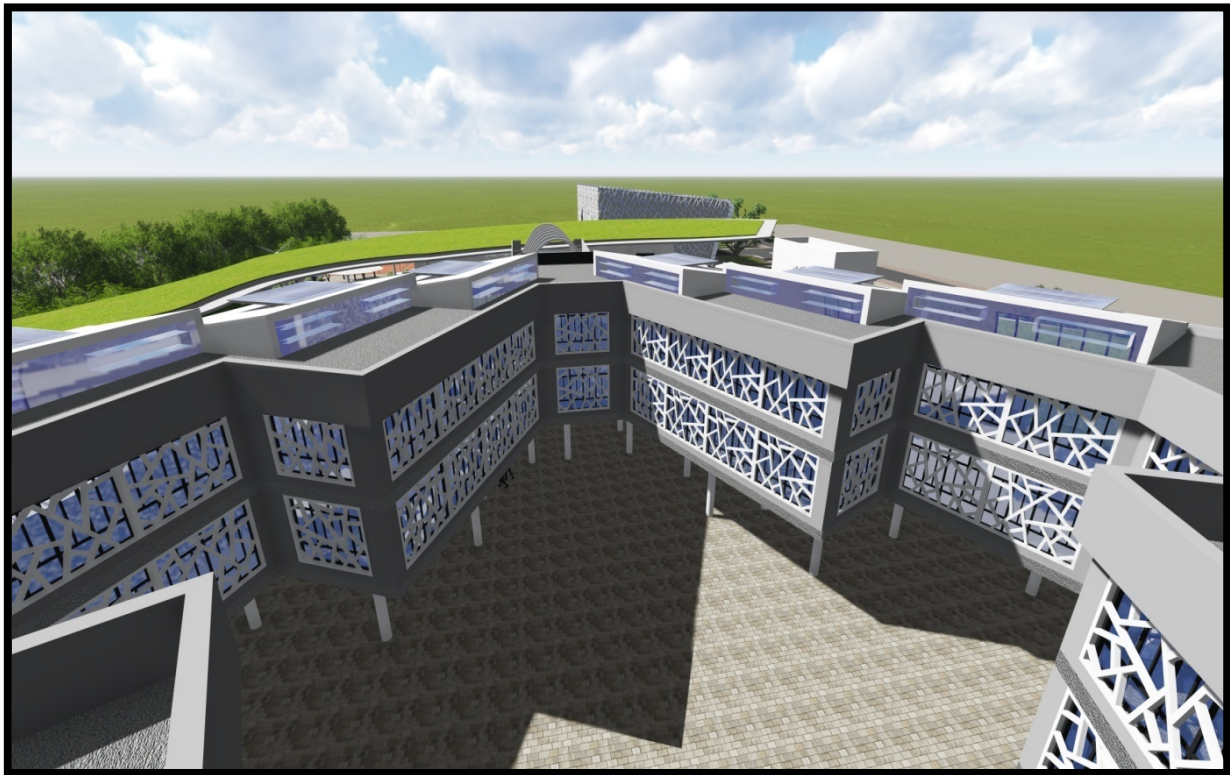
Façade ouest du collège



Vue sur le bloc pédagogique



Vue sur le bloc d'éducation au développement durable



Vue d'intérieur du bloc pédagogique