

Dédicace

À mes chers parents

À mon frère : Mohamed Nadir

À mes sœurs : à la mémoire de mon âme Asma (que dieu ait ton âme et l'accueille en son vaste paradis), à Manel et Soumia

À mes anges : Anes, Yanis, Djoud et Alaa

À ma grande mère qui m'est chère

À ma grande famille : cousins et oncles

À mes amis

Rania

Remercîment

Je remercie Dieu le tout puissant pour m'avoir donné toute cette force et ce courage, Pour faire aboutir ce travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mes directeurs de ce travail Mr. Meddour Larbi et Mr. Dechaicha Atssoule de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé et pour la qualité de leur enseignement, leurs conseils et leur intérêt incontestable qu'ils portent à tous les étudiants, je vous présente mes remerciements, mes gratitudes et mon respect.

Je remercie l'ensemble du jury, Pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner mon modeste travail

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier ».

Je remercie très spécialement mon frère et mes sœurs pour leur amour et encouragement

Enfin, je tiens à remercier mes copines pour leur sincère amitié et confiance, leur soutien et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement.

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail.

Table des matières

Dédicace	1
Remercîment.....	2
Résumé :	4
Abstract :	5
المخلص.....	6
Table des matières	7
Liste des figures :	8
Liste des tableaux :	10
Introduction générale :.....	11
Problématique :.....	12
L'hypothèse de recherche.....	13
Les objectifs:	13
Structure de mémoire :	13
Méthodologie de recherche:	14
I. L'architecture environnementale: notions, principes et méthodes	15
Introduction	15
I.1 L'architecture environnementale	15
I.1.1 Définition	15
I.1.1.1 Environnement.....	15
I.1.1.2 Architecture environnementale.....	16
I.1.2 Les principes de l'architecture environnementale	16
I.1.2.1 Une approche bioclimatique	16
I.1.2.2 Éco-matériaux:.....	17
I.1.2.2.1 Bilan carbone:.....	18
I.1.2.2.2 Exemples de matériaux:.....	18
I.1.3 Utilisation des énergies renouvelables	20
I.1.3.1 L'éolien.....	21
I.1.3.2 Le solaire	22
I.1.3.3 La biomasse	23
I.1.3.4 L'hydraulique	24

I.1.3.5	La géothermie	25
I.1.4	Gestion de l'eau	26
I.1.4.1	L'eau de pluie	26
I.1.4.2	Recyclage des eaux usées	26
I.1.5	Chantier propre	27
I.1.6	Analyse de cycle de vie d'un bâtiment	28
I.2	Méthodes d'évaluation qualitative environnementale des bâtiments	29
I.2.1	La qualité environnementale des bâtiments	29
I.2.2	Évaluation qualitative environnementale des bâtiments	29
I.2.3	Paramètres d'évaluation qualitative environnementale des bâtiments	30
I.2.4	Méthodes d'évaluation qualitative environnementale des bâtiments	31
I.2.4.1	Le système Américain USGBC 1998:	31
I.2.4.2	Le CaGBC au Canada.....	32
I.2.4.3	Le BREEAM (Royaume Uni) 1990	33
I.2.4.4	Le modèle Japonais CASBEE	34
I.2.4.5	La démarche Suisse MINERGIE 1996.....	35
I.2.4.6	Le système Allemand PASSIVHAUS.....	36
I.2.4.7	L'expérience Française HQE 1996.....	37
	Conclusion :.....	38
II. La Haute Qualité Environnementale dans la conception des équipements éducatifs		40
	Introduction:	40
II.1	La haute qualité environnementale	40
II.1.1	Qu'es ce que la HQE?	40
II.1.2	Genèse de la démarche HQE.....	41
II.1.3	La démarche HQE : aspects techniques	42
II.1.3.1	Les 14 cibles de la Haute Qualité Environnementale du Bâtiment	42
II.1.3.2	Système de management de l'opération	46
II.1.3.3	Les certifications HQE	47
II.1.3.3.1	Certification : « Habitat et environnement » (Qualitel– mars 2003)	47
II.1.3.3.2	Certification : « NF3-bâtiment tertiaire-démarche HQE »	48
II.1.3.3.3	Extension de la certification à d'autres types d'immobilier	49
II.2	La haute qualité environnementale dans la conception des équipements éducatifs ..	50

II.2.1	L'éducation.....	50
II.2.1.1	Définition.....	50
II.2.1.2	L'évolution de l'école.....	50
II.2.2	Enseignement	56
II.2.2.1	Définition.....	56
II.2.2.2	L'enseignement secondaire	56
II.2.2.3	Système éducatif algérien	56
	II.2.2.3.1 Principes, objectifs généraux de l'éducation et organisation du cursus ...	56
	Les principes régissant le système éducatif algérien sont définis par la constitution algérienne:	56
	Organisation des cycles d'enseignement.....	57
	Les objectifs généraux de l'enseignement secondaire général et technologique	61
II.2.2.4	Le fonctionnement des lycées:	62
	II.2.2.4.1 Qui fait quoi au lycée ?.....	62
	L'équipe de direction	62
	Le conseil d'administration.....	63
	Les équipes pédagogiques.....	63
	Le conseil de classe	63
	II.2.2.4.2 Ressources financières et gestion	65
II.2.3	La qualité environnementale des établissements scolaires	65
II.2.3.1	Les paramètres qualitatifs environnementaux des établissements scolaires...	65
II.2.3.2	Relation entre la qualité environnementale des établissements scolaires et l'efficacité éducative	66
	II.2.3.2.1 Confort visuelle	67
	II.2.3.2.2 Confort acoustique.....	69
	Conclusion :.....	71
	III. Analyse des exemples labellisés en HQE, cas d'étude	72
	Introduction :	72
III.1	Lycée de Carquefou.....	72
III.1.1	Présentation	72
III.1.2	Situation	73
III.1.3	Plan de masse	73
III.1.4	Composition volumétrique.....	74

III.1.5	Etude de l'intérieur	75
III.1.6	Façades	77
III.1.7	Techniques constructives	78
III.1.7.1	Eco-construction	78
III.1.7.2	Eco gestion.....	80
III.1.7.3	Confort	82
III.1.7.4	Santé hygiène	84
Synthèse.....		84
III.2	Lycée Jean Jaurès (pic saint loup)	84
III.2.1	Présentation du projet.....	84
III.2.2	Situation	85
III.2.3	Plan de masse	86
III.2.4	Composition volumétrique.....	87
III.2.5	Plan de l'établissement.....	87
III.2.6	Façades	88
III.2.7	Techniques constructives	89
III.2.7.1	Eco construction.....	89
Santé hygiène		91
III.2.7.2	Eco gestion:.....	91
III.2.7.3	Confort	92
Synthèse:.....		95
III.3	Cas d'étude	95
III.3.1	Présentation	95
L'environnement immédiat		96
III.3.2	Le plan de masse	97
III.3.3	Volumétrie.....	97
III.3.4	Façades	98
III.3.5	Etude de l'intérieur	99
III.3.6	Evaluation qualitative environnementale du lycée.....	101
III.3.6.1	Eco construction.....	101
III.3.6.2	Ecogestion.....	102
III.3.6.3	Confort	102
III.3.6.4	Condition sanitaire	103

III.3.6.5	Qualité de l'air	103
	Conclusion :	104
	IV. Site, programmation et intervention	105
	Introduction :	105
IV.1	Analyse du site.....	105
IV.1.1	Présentation de la ville	105
IV.1.1.1	Situation géographique	105
IV.1.1.2	Aspect administratif	106
IV.1.1.3	Situation démographique	107
IV.1.1.4	Éducation et formation.....	108
IV.1.1.5	Le relief	109
IV.1.1.6	Le climat	110
IV.1.2	Présentation de la ville nouvelle de Guelma	112
IV.1.2.1	Situation du pos sud par rapport à Guelma	112
IV.1.2.2	Accessibilité	113
IV.1.3	Présentation du terrain d'intervention	113
IV.1.3.1	Motivation du choix	113
IV.1.3.2	Situation	113
IV.1.3.3	La qualité de L'environnement local	114
IV.1.3.4	Accessibilité et mobilité.....	115
IV.1.3.5	Morphologie de terrain	116
IV.1.3.6	Topographie	117
IV.1.3.7	Orientation et ensoleillement	117
	Synthèse:.....	119
IV.2	Programmation	119
IV.3	Genèse et démarche du projet.....	122
IV.3.1	Objectif principal :	122
IV.3.2	Recommandations à suivre :	122
IV.3.3	Schéma de principe :	123
	Conclusion générale	124
	Bibliographie :	125

Liste des figures :

Figure 1 : schéma de structure de mémoire (source : auteur)	13
Figure 2 : la stratégie du chaud, froid et de l'éclairage dans le bioclimatisme	17
Figure 3: éolienne à axe horizontale	22
Figure 4: parc de centrales photovoltaïques	23
Figure 5: centrale biomasse +les déchets (bois, végétaux..) utilisés	24
Figure 6: centrale hydraulique	25
Figure 7: centrale géothermique.....	26
Figure 8: système autonome des traitements des eaux usées	27
Figure 9: Un exemple de chantier propre sur un projet HQE. Bennes de tri des déchets. Crèche des Chenevreaux. En cours de construction en 2005.....	28
Figure 10: cycle de vie d'un bâtiment	29
Figure 11: USGBC US Green Building Council	32
Figure 12: CGBC Canada Green Building Council	33
Figure 13: BRE Environmental Assessment Method.....	34
Figure 14; Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency	35
Figure 15: symbole de la certification suisse des bâtiments	36
Figure 16: symbole du Le label PassivHaus de la maison passive	37
Figure 17: le label français HQE Haute Qualité Environnementale	38
Figure 18: Historique de la mise en place de la démarche HQE.....	42
Figure 19: quartier résidentiel Seine Arche	48
Figure 20: Mairie des Mureaux, un bâtiment certifié en 2005 selon la norme « NF-bâtiment tertiaire –démarche HQE ».....	49
Figure 21: entrée principale du lycée de Carquefou	72
Figure 22 : situation du lycée de Carquefou	73
Figure 23: plan de masse du lycée	74
Figure 24: la vue globale du projet de lycée de Carquefou.....	74
Figure 25: plan du rez de chaussé du lycée	75
Figure 26 : organigramme spatial du RDC (source : auteur)	76
Figure 27 : plan du premier étage du lycée	76
Figure 28: organigramme du 1er étage (Source : auteur).....	76
Figure 29: façade principale du projet	77
Figure 30: les différentes techniques constructives du projet	78
Figure 31: plan de masse bioclimatique	78
Figure 32: les toitures végétalisées	79
Figure 33: toitures légères inclinées au sud pour le photovoltaïque	79
Figure 34: bardage en bois certifiés PEFC.....	79
Figure 35: les panneaux hybrides des toitures des blocs d'enseignement	80
Figure 36: verrière photovoltaïque du hall d'entrée.....	81
Figure 37: panneaux PV classique des toitures terrasses de l'internat.....	81
Figure 38: zone de récupération des eaux pluviales derrière les blocs d'enseignement.....	81
Figure 39: bache à eaux pour la récupération d'EP (30 m3).....	82
Figure 40: l'isolation thermique des parois.....	82

Figure 41: la cheminée thermique du hall d'entrée en rouge	83
Figure 42: des étagères à lumière de la partie sud du projet	83
Figure 43: gestion de la lumière naturelle à l'intérieur des salles de classes	84
Figure 44: la vue générale du lycée Jean Jaurès	85
Figure 45: situation du lycée Jean Jaures	86
Figure 46: plan de masse du projet	86
Figure 47: la volumétrie (Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris.).....	87
Figure 48: les principales entités fonctionnelles du lycée.....	87
Figure 49: façade principale du projet	88
Figure 50: les étagères à lumières des façades sud du lycée.....	88
Figure 51: façades nord du lycée sans aucune protection soleil	89
Figure 52: implantation du projet respectueuse aux courbes naturelles du terrain	89
Figure 53: le béton et la pierre comme matériaux fondamentaux de construction du projet.	90
Figure 54: l'utilisation du bois dans l'entrée principale.....	90
Figure 55 : chantier à faible nuisance	91
Figure 56: les différentes sources d'énergie renouvelable dans le projet	92
Figure 57: système de double planché pour la ventilation naturelle	93
Figure 58: les brise-soleil relevables	94
Figure 59: Système de fixation des étagères à lumière	94
Figure 60: le système de la ventilation naturelle des salles de classe	95
Figure 61: les caissons pièges à son	95
Figure 62: vue générale du projet.....	96
Figure 63: situation du lycée	96
Figure 64: plan de masse du projet	97
Figure 65: la volumétrie	98
Figure 66: façade principale du projet.	98
Figure 67: façade latérale du lycée.....	99
Figure 68: plan entre sol.....	99
Figure 69: plan RDC du lycée.....	100
Figure 70 : plan 1er étage.....	100
Figure 71: plan 2ème étage	101
Figure 72: coupe sur le projet.....	101
Figure 73: l'intégration du projet dans l'assiette.....	102
Figure 74: une coupe qui montre les différents niveaux (le sous-sol encadré par le rouge). 102	
Figure 75: vue lointaine sur le projet	103
Figure 76 : la rampe d'entrée pour les personnes aux besoins spécifiques.....	103
Figure 77 : la carte de la ville de Guelma	106
Figure 78: tableau des différentes dairas et communes de la ville.....	107
Figure 79: diagramme de la répartition de la population par âge dans la ville	108
Figure 80: une salle de classe dans le secondaire.....	109
Figure 81: salle de formation professionnelle	109
Figure 82: une faculté de l'université de Guelma	109
Figure 83: les différents reliefs de la ville.....	110

Figure 84: variation des températures annuelles	111
Figure 85: variation mensuelle de l'humidité	111
Figure 86: variation des vitesses des vents	112
Figure 87: la situation du pos sud par rapport à la ville de Guelma.....	113
Figure 88: situation du terrain par rapport à la ville nouvelle de Guelma	114
Figure 89: le terrain d'intervention	114
Figure 90: limites immédiats du terrain	115
Figure 91: mobilité et accessibilité au site d'intervention	116
Figure 92: forme et surface du terrain.....	116
Figure 93: coupe longitudinale.....	117
Figure 94: coupe transversale.....	117
Figure 95: l'ensoleillement et les vents dominants dans le terrain	118
Figure 96: calcul de la position du soleil dans le ciel dans le mois de Mars	118
Figure 97 : calcul de la position du soleil dans le ciel dans le mois de Juin et Décembre....	119
Figure 98 : Schéma de principe du projet (source : auteur)	123

Liste des tableaux :

Tableau 1: Les niveaux minimum (éclairagements moyens à maintenir)	69
Tableau 2: tableau comparatif du programme	120
Tableau 3: tableau du programme surfacique officiel du lycée	122

Introduction générale :

Dans le secteur du bâtiment, le développement durable est un sujet majeur qui impacte la responsabilité de tous les acteurs : maîtres d'ouvrage, architectes et maîtres d'œuvre, entreprises du bâtiment, exploitants, propriétaire managers, Pour répondre à cette préoccupation, il est aujourd'hui indispensable d'adopter des comportements responsables pour relever les nouveaux défis tels que la valorisation de l'empreinte écologique des bâtiments, l'amélioration du confort des usagers, l'anticipation des coûts d'exploitation...

Mettre en place une démarche de développement durable pour les bâtiments permet d'optimiser les performances environnementales de nos projets d'architecture et surtout celles qui reçoivent un public sensible comme les établissements scolaire du premier au dernier degré.

Longtemps considérée comme l'un des piliers du développement social, l'éducation présente aujourd'hui des défis importants à l'échelle planétaire dont les débats occupent l'une des premières places dans les discussions sur le présent et sur l'avenir de la population mondiale.

L'école est l'un des édifices architecturaux le plus présent dans le monde urbain et rural, elle est d'une fréquentation obligatoire, personne ne peut échapper à ses bancs. Cela peut laisser entendre qu'elle constitue notre deuxième expérience architecturale, après la maison, puisqu'on y séjourne pendant de longues heures, généralement en position assise face au tableau à suivre des cours. L'école laisse au fond de chacun d'entre nous, des marques et des traces indélébiles dont on se souviendra le long de notre vie, ce n'est pas surprenant, car nous l'aurons tous contracté depuis le jeune âge.

A côté de la pédagogie pratiquée au sein des lieux scolaires, l'espace physique exerce une influence qui n'est pas de moindre importance, d'où la nécessité de bien penser la conception de ces lieux, de manière à mettre en avant l'épanouissement personnel et la performance scolaire de l'enfant. Une bonne conception serait la tendance à répondre aux nouveaux impératifs du développement durable, car les enfants d'aujourd'hui seront les hommes de demain, d'où l'exigence de bien entourer la question de leur éducation, le philosophe Pierre Rabhi dans son livre « sobriété heureuse » s'interroge déjà et se pose la question « quels enfants allons-nous laisser à notre planète ? », pour lui la question n'est plus « quelle planète allons-nous laissé à nos enfants ? », car l'essentiel est avant tout d'investir dans l'éducation des enfants, les former à ce qu'ils puissent relever les défis de leurs temps, et s'épanouir dans leurs vies.

Nous parlons donc de la formation des générations de future et nous ne pouvons pas enseigner une génération d'aujourd'hui ou de demain avec les établissements d'hier. La qualité spatiale et surtout environnementale se trouve actuellement posées vu que cette catégorie d'équipements reçoit en permanence un grand nombre d'utilisateurs, et elle est aussi en perpétuelle interaction avec son environnement.

Problématique :

Il est constaté que chaque personne passe 90 % de son temps «enfermé» soit à la maison ou bien sur un lieu de travail. Ce temps à l'intérieur, pour les enfants, les adolescents et les jeunes, se répartit entre la maison, le transport et l'établissement scolaire : dans les périodes scolaires ils y passent environ 7 heures par jour. Au total cela fait plus de 800 heures par an pour une population de 70 millions d'enfants et de jeunes

Dans notre pays, est ce que les espaces éducatifs tels qu'ils sont programmés, conçus, réalisés et gérés représentent un lieu favorable pour les élèves pour passer la majeure partie de leurs journées?

En effet, la qualité des lieux d'enseignement a toujours été le maillon manquant des multiples réformes qu'a connu le secteur de l'éducation nationale depuis l'indépendance du pays. La négligence de la dimension environnementale par les instances publiques chargées du suivi et contrôle des opérations de conception et de réalisation des établissements scolaires dans notre pays, une architecture souvent inadaptée par rapport au lieu d'implantation géographique de l'établissement scolaire, et un aspect uniforme, monotone et anarchique des constructions, sans aucune identité et dépourvu de tout cachet architectural pouvant refléter un style national, régional ou même international, Dans leurs conceptions, les bâtiments scolaires ne sont pas pensés pour être évolutifs, de manière à rester fonctionnels, organisationnels et modulables dans le temps,, Un impact négatif sur l'environnement extérieur et inconfort (thermique, acoustique, visuel et psycho spatial) intérieur entravant la concentration nécessaire aux élèves pour mieux assimiler leurs cours, Une consommation irrationnelle et excessive des énergies conventionnelles fossiles et non renouvelables, Un état de dégradation avancé des anciens édifices scolaires où l'inconfort, l'insalubrité et l'insécurité règnent en l'absence de tout entretien, Une surcharge atteignant parfois 40 élèves dans des classes dimensionnées pour en recevoir uniquement une trentaine .

Q1: Comment prendre en compte la qualité environnementale dans la conception des équipements éducatifs?

Q2: La haute qualité environnementale peut-elle adopter comme une méthode pertinente au contexte algérien notamment la ville de Guelma?

L’hypothèse de recherche

- Les nouvelles approches environnementales, comme la HQE, permettent de matérialiser les impératifs de la qualité environnementale dans les projets éducatifs.
- La HQE est une approche efficace et pertinente pour le contexte local de Guelma.

Les objectifs:

- ✓ Montrer l’importance de la HQE dans la concrétisation d’une architecture écologique
- ✓ Promouvoir, dans une perspective de haute qualité environnementale et économique, la qualité environnementale et la qualité de vie dans les futurs projets éducatifs.
- ✓ Créer un espace éducatif qui offrira aux élèves une atmosphère favorable (modernité et technologie) dont leur impact sur l’environnement soie aussi favorable que possible.

Structure de mémoire :

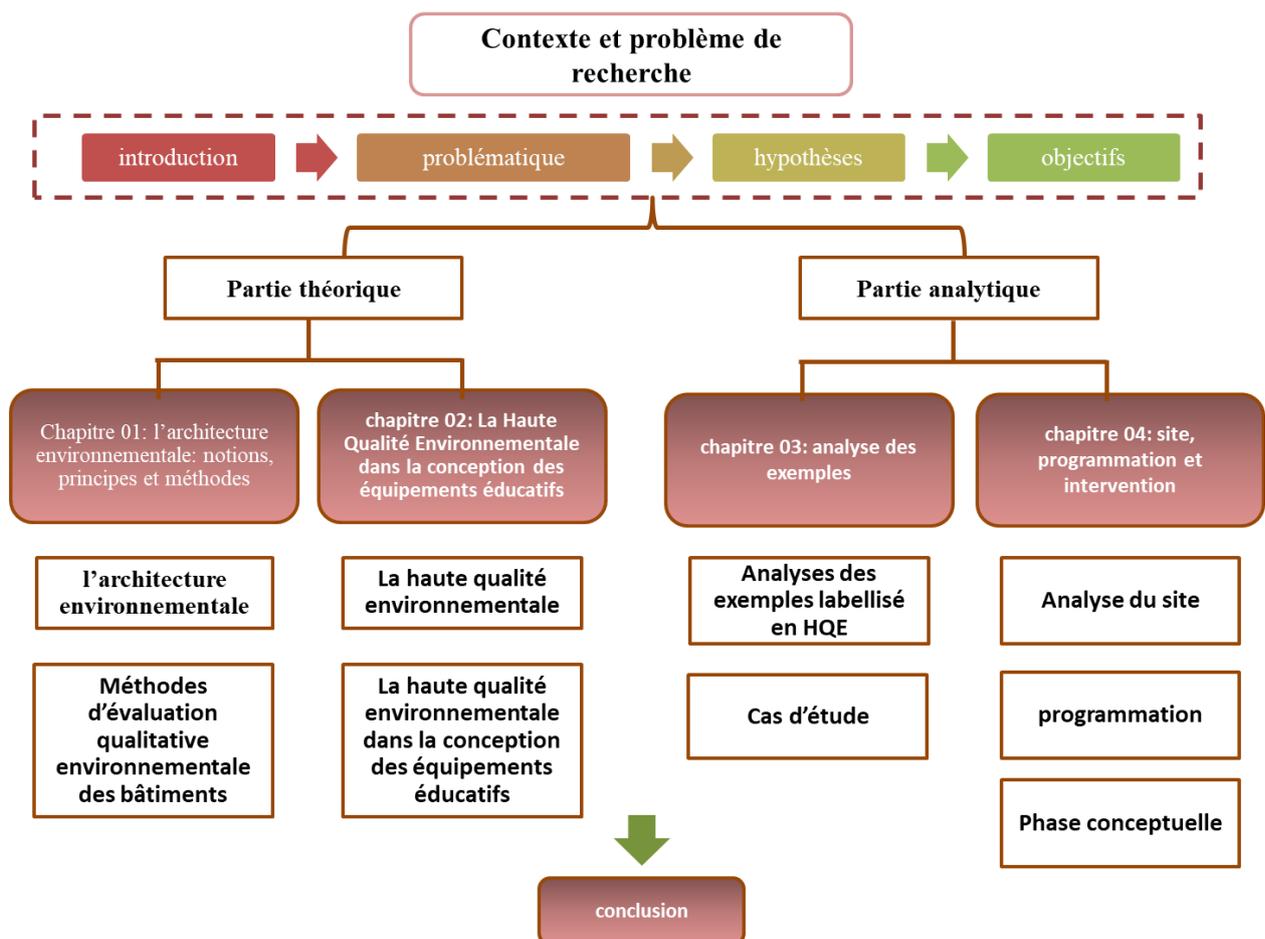


Figure 1 : schéma de structure de mémoire (source : auteur)

Méthodologie de recherche:

Notre recherche s'appuie essentiellement sur des références théoriques : bibliographiques, cartographiques, des outils de modélisation et de simulations numériques. Donc nous avons opté pour une étude approfondie, en appliquant la démarche HQE, afin de pouvoir répondre à la problématique posée.

Pour ce faire, une première partie (théorique) consiste à montrer l'état des lieux dans nos écoles, pour passer ensuite à la proposition des solutions potentielles et leur adaptabilité aux réalités scolaires, puis la définition des termes générique essentiels relatifs au champ d'étude à savoir l'éducation, l'architecture scolaire et la haute qualité environnementale et finalement on termine avec le rapport et la relation entre ces concepts.

Une seconde partie analytique qui se décline en deux chapitres:

Chapitre 03: est centré sur l'analyse des exemples et de notre cas d'étude

Chapitre 04: contient l'analyse du site en présentant la ville de Guelma et quelques généralités sur le site d'intervention, les critères du choix et du site, ensuite on enchaîne avec l'analyse urbaine et architecturale et paysagère du site, puis une synthèse qui détermine les problèmes généraux de ce dernier et finalement une partie consacré pour la phase de programmation et l'approche conceptuelle.

I. L'architecture environnementale: notions, principes et méthodes

Introduction

En quelques années, la question environnementale est devenue une préoccupation importante dans le domaine de la construction. Que l'on soit élu, responsable de projet ou technicien d'une collectivité territoriale, professionnel de la construction ou particulier. L'architecture environnementale s'évertue donc à la mise en œuvre de technologies propres, la minimisation de l'impact sur l'environnement, la réduction de la consommation d'énergie, l'amélioration de la gestion des bâtiments et de la santé des utilisateurs. Ainsi le choix de matériaux naturels, l'intégration dans le terrain et l'environnement, la disposition interne des différentes salles en fonction des apports naturels, des besoins et de la consommation effective d'énergies, la conception des espaces verts ou la gestion des déchets sont autant d'éléments par lesquels l'architecte, selon le souhait d'un maître d'ouvrage consciencieux de l'environnement, peut rendre un bâtiment écologique et vecteur de santé et de bien-être.

Dans ce chapitre, nous intéresserons en premier lieu par l'architecture environnementale et les différentes notions de base qui se développent dans ce domaine, aussi leurs principes à savoir le bioclimatisme, l'utilisation des énergies renouvelables et les éco-matériaux..., pour passer ensuite à la qualité environnementale des bâtiments, les paramètres et les méthodes d'évaluation de cette qualité telle que le système Américain USGBC 1998, le BREEAM (Royaume Uni) 1990, l'expérience Française HQE 1996...etc.

I.1 L'architecture environnementale

I.1.1 Définition

I.1.1.1 Environnement

- conditions naturelles et culturelles où se développe un être vivant.
- L'environnement est défini comme « l'ensemble des éléments (biotiques ou abiotiques) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins, ou encore comme « l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines.¹

¹<http://demarchesterritorialesdedeveloppementdurable.org/glossary/environnement/>

I.1.1.2 Architecture environnementale

- Dans le vocabulaire d'usage courant, les expressions architecture verte ou architecture environnementale désignent une œuvre architecturale ou un bâtiment, quelle que soit sa fonction, conçue pour réduire son empreinte environnementale. Cet impact englobe l'ensemble des ressources et énergies déployées et consommées pour la conception, la construction et le maintien de l'œuvre. Une œuvre construite avalise et reconduit les choix conceptuels et matériels durant sa durée de vie entière.²
- L'architecture environnementale est un mode de conception et de réalisation qui a pour préoccupation de concevoir une architecture respectueuse de l'environnement et de l'écologie.³

I.1.2 Les principes de l'architecture environnementale

I.1.2.1 Une approche bioclimatique

L'architecture bioclimatique fait appel à des procédés passifs et ne requiert pas de techniques particulières. Elle demande d'abord du bon sens. Des simulations thermiques dynamiques permettent ensuite d'affiner la conception du bâtiment et de comparer différentes solutions. Ces études nécessitent des connaissances spécifiques en physique du bâtiment que les architectes se doivent d'acquérir. Trois stratégies résument l'approche bioclimatique:

- La stratégie du chaud permettant de capter les apports solaires gratuits, de les conserver ou de les stocker au sein du bâtiment, puis de les distribuer vers les locaux
- La stratégie du froid minimisant les besoins de rafraîchissement en proposant des protections solaires adaptées aux différentes orientations, en évitant les risques de surchauffe par une isolation appropriée ou par l'inertie du bâtiment, en dissipant l'air chaud et en rafraîchissant
- La stratégie de l'éclairage visant à capter au maximum l'éclairage naturel et à le répartir dans les locaux tout en se protégeant et en contrôlant les sources d'inconfort visuel.

Le projet bioclimatique doit être parfaitement maîtrisé tant constructivement que techniquement lors de sa conception, il ne peut ignorer la « bio-spécificité » des occupants : particularité socio-culturelles, comportements, nombre... Sans la participation directe des occupants, les gains espérés peuvent vite être réduits. À cet effet, l'exemple du projet de

² <http://demarchesterritorialesdedveloppementdurable.org/architecture-verte/>

³ https://archiguelma.blogspot.com/2017/12/larchitecture-ecologique_4.html

Baggesensgade au Danemark est très révélateur. Après information des occupants et adaptation du projet, • les économies d'énergies atteignent plus de 27!⁴

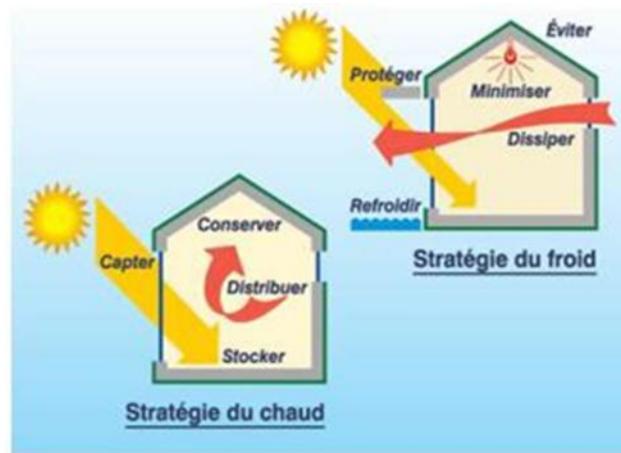


Figure 2 : la stratégie du chaud, froid et de l'éclairage dans le bioclimatisme

Source : Leroy Arnault, 2004-2005, *l'architecture écologique UE développement durable*, université de la rochelle.

I.1.2.2 Éco-matériaux:

De plus en plus utilisés dans les secteurs de la construction et de la rénovation, les matériaux dits écologiques s'inscrivent dans les démarches de développement durable et de réduction de consommation énergétique.

Bien qu'il n'existe à l'heure actuelle pas de réglementation officielle concernant les matériaux écologiques, il est possible de les définir comme des matériaux destinés à la construction qui s'inscrivent dans l'ensemble des règles du développement durable, et ce tant au niveau de leur composition que de leur fabrication et de leur recyclage.

Inoffensif sur la santé du fabricant comme du consommateur, durable, réutilisable, peu coûteux au niveau du transport, aussi résistant qu'un matériau classique et dont les impacts énergétiques et environnementaux sont faibles.⁵

Les principales caractéristiques d'un éco-matériau

Un matériau peut être dit écologique ou bio-sourcé s'il répond aux critères suivants :

- Il est issu d'une ressource durablement renouvelable et ce renouvellement ne s'effectue pas au détriment d'autres milieux naturels.

⁴Leroy Arnault, 2004-2005, *l'architecture écologique UE développement durable*, université de la rochelle, p3

⁵ <https://www.travaux-de-renovation.be/eco-materiaux-renovation-ecologique.htm>

- Les impacts environnementaux et énergétiques de sa fabrication, de sa mise en œuvre et de son recyclage sont faibles ou neutre (énergie grise).
- Il est durable.
- Il est recyclable ou réutilisable facilement.
- Il est sain et ne génère pas d'impact négatif sur la santé de ceux qui le fabriquent ou le mettent en œuvre (ouvriers ou artisans) comme de ceux qui l'utilisent (habitants d'une maison).
- Il est fabriqué localement et coûte peu en transport. ⁶

I.1.2.2.1 Bilan carbone:

Le bilan carbone du bâtiment en phase de construction est une démarche spécifique liée au choix des matériaux, de leur transport, et des techniques de constructions. Le bilan carbone du bâtiment en phase de construction est une méthode d'évaluation de la quantité de dioxyde de carbone stocké ou émis dans l'atmosphère pour l'édification de ce bâtiment. Pour une maison d'habitation traditionnelle, il correspond, en moyenne, à 10 ans d'émissions en phase d'exploitation. Ses performances s'expriment soit en tonnes de CO émises ou évitées, soit, plus généralement, en kg de carbone par m² habitable. Les valeurs négatives correspondent à un stockage de carbone et les valeurs positives correspondent à une émission de carbone.

I.1.2.2.2 Exemples de matériaux:

- Le bois : l'utilisation du bois permet : une exploitation non polluante, non destructive et renouvelable de sites, un faible coût énergétique de production (3fois moins que le béton), un approvisionnement de proximité, une gestion durable (choix des essences et conception adaptées), un recyclage complet, confort et santé, des économies de chauffage et une diminution de l'effet de serre.

- La terre crue : elle offre un confort de vie sain et agréable tout en permettant des économies d'énergie. Elle possède de nombreux avantages : matériau naturel poreux fabriqué par compression et séchage, régulateur hygrothermique (régulation de l'humidité ambiante), qualité sanitaire de l'air (réduction des poussières volatiles), confort acoustique et olfactif,

⁶https://www.m-habitat.fr/terrassement-et-fondation/maconnerie/les-eco-materiaux-materiaux-de-construction-ecologiques-4095_A

longévité du matériau, classée M0, recyclage complet et production locale (faible charge de transport).

- Les matériaux d'isolation : les laines minérales (verre et roches) font l'objet d'une polémique dans les milieux scientifiques, elles montrent aujourd'hui leurs limites notamment en terme de santé (poussières dégagées potentiellement cancérogènes par pénétration et biopersistance dans les voies respiratoires). Les matériaux en fibres végétales et animales ont des propriétés particulièrement intéressantes en termes de santé, d'écologie et de confort. Ces matériaux souvent très élaborés (liés et texturés en rouleaux ou panneaux) sont encore onéreux, mais peuvent être utilisés à l'état brut en vrac à moindre coût (laine de chanvre, chènevotte, laine de lin, ouate de cellulose, laine de mouton,...).

Particulièrement résistants dans le temps, ils sont renouvelables, composables et recyclables, sans effet négatif sur l'environnement. Les matériaux isolants issus du chanvre sont sans doute l'un des meilleurs compromis techniques, économiques et écologiques pour une isolation de qualité (conductibilité thermique de la laine de chanvre : 0,04W/m.K soit l'équivalent de la laine de verre).⁷

- Le béton végétal: du béton sans ciment, ça paraît impossible ? Et pourtant...Ça s'appelle le béton végétal, et c'est le nouveau matériau d'éco-construction. Comme son nom l'indique, le béton végétal est composé de fibres de chanvre (connue également sous le nom de chènevotte) et de roche volcanique (plus précisément de pouzzolane), liées entre elles grâce à de la chaux aérienne pure.

Le béton végétal ne contient donc pas de ciment, pas de polymère ni aucune résine synthétique. Ce qui explique qu'il soit si prisé dans l'éco-construction, où l'on peut d'ailleurs l'utiliser pour toutes les parties de la maison : dalles, cloisons, parois intérieures et extérieures, charpentes, façades, combles...Le moins que l'on puisse dire, c'est que le béton végétal est un béton polyvalent !

En maçonnerie, on peut trouver le béton végétal sous forme de brique (pour la construction), de pâte (pour bancher un mur ou isoler des planchers) ou d'enduit (sur une façade ou un mur intérieur).

Les points forts du béton végétal

⁷Leroy Arnault, 2004-2005, *l'architecture écologique UE développement durable*, université de la rochelle, p3-4

Si le béton végétal connaît un tel essor, c'est que sa composition particulière lui confère de nombreux avantages ! Parmi ses principales qualités, on avance notamment :

- Un excellent isolant thermique et phonique, grâce à ses composants aériens.
- Un régulateur de température, car il restitue le soir toute la chaleur du soleil qu'il a accumulée dans la journée. A la clé : des économies d'énergie intéressantes !
- Un matériau « respirant » : comme il est très aérien, en plus d'être isolant le béton végétal permet aux parois de la maison de respirer ! Avec lui, on peut se permettre d'oublier la ventilation ou la clim', car il régule l'humidité.
- Un produit sain : bien que végétal, ce matériau n'est pas sujet aux moisissures, champignons, etc. Il possède même des propriétés naturellement fongicides.
- Un matériau durable dans le temps et qui ne s'altère pas. Sa durée de vie théorique a été estimée à un siècle !
- Un matériau respectueux de l'environnement, depuis sa fabrication jusqu'à son recyclage.

Les points faibles du béton végétal:

- Évidemment, un tel florilège de qualités, ça a un prix, le béton végétal s'avère d'ailleurs 5 fois plus cher que le béton classique.
- Un surcoût qui va évidemment être compensé par des économies d'énergie significatives...⁸

I.1.3 Utilisation des énergies renouvelables

Une énergie est dite renouvelable lorsqu'elle provient de sources que la nature renouvelle en permanence, par opposition à une énergie non renouvelable dont les stocks s'épuisent.

Les énergies renouvelables proviennent de 2 grandes sources naturelles : le Soleil (à l'origine du cycle de l'eau, des marées, du vent et de la croissance des végétaux) et la Terre (qui dégage de la chaleur).

⁸ https://www.m-habitat.fr/terrassement-et-fondation/maconnerie/le-beton-vegetal-2570_A

Surnommées « énergies propres » ou « énergies vertes », leur exploitation engendre très peu de déchets et d'émissions polluantes mais leur pouvoir énergétique est beaucoup plus faible que celui des énergies non renouvelables.⁹

I.1.3.1 L'éolien

Du grec "Éole", le dieu du Vent, l'énergie éolienne vient des mouvements des masses d'air se déplaçant des zones de haute pression vers les zones de basse pression. En effet, le soleil réchauffe le globe terrestre de manière fort inégale. Les écarts de température qui en résultent provoquent des différences de densité des masses d'air et se traduisent par des variations de la pression atmosphérique. Le vent transforme l'énergie thermique tirée du rayonnement solaire en énergie cinétique. La puissance totale de ces mouvements atmosphériques atteint le chiffre astronomique de 100 milliards de gigawatts. Largement exploitée jadis tant pour la production d'énergie mécanique (moulins à vent) que pour les transports (bateaux à voile), le recours à l'énergie éolienne a connu une longue éclipse.

Les "moulins" d'aujourd'hui n'ont plus grand-chose à voir avec leurs ancêtres : la majorité d'entre eux appartiennent à la famille des aérogénérateurs, c'est-à-dire qu'ils produisent de l'électricité. Deux paramètres caractérisent le vent et l'énergie qu'il est à même de fournir : sa vitesse et sa direction.¹⁰

Une éolienne est composée de 4 parties :

- Le mât
- L'hélice
- La nacelle qui contient l'alternateur producteur d'électricité
- Les lignes électriques qui évacuent et transportent l'énergie électrique (lorsqu'elle est raccordée au réseau)

⁹<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/le-developpement-durable/qu-est-ce-qu-une-energie-renouvelable>

¹⁰ Leroy Arnault, 2004-2005, *l'architecture écologique UE développement durable*, université de la rochelle, p5



Figure 3: éolienne à axe horizontale

Source : [www.edf.fr/ énergie renouvelable](http://www.edf.fr/energie_renouvelable)

Le premier problème que pose la récupération de l'énergie éolienne est sa ressource aléatoire derrière une vitesse moyenne du vent en un point se cache bien des réalités différentes, du calme plat aux plus violentes rafales. De plus, la topographie et les constructions modifient le régime local des vents, ce qui rend nécessaire une étude approfondie du site avant toute décision d'installation.¹¹

I.1.3.2 Le solaire

L'exploitation de l'énergie solaire permet de répondre aux besoins des habitants et d'augmenter leur confort. Les systèmes thermiques chauffent l'eau sanitaire, les systèmes photovoltaïques produisent de l'électricité. L'énergie solaire est l'énergie produite par le soleil. Elle est issue de la conversion, à chaque instant, d'hydrogène en hélium. Cette énergie est diffusée dans l'espace et atteint la Terre sous forme de lumière solaire (47 %), de rayons ultraviolets (7 %) et de rayonnement infrarouge ou de chaleur (46 %).

La lumière solaire et l'infrarouge sont les parties du spectre qui fournissent l'énergie utile:

- Le rayonnement solaire peut être capté et converti en énergie utile. Les systèmes les plus simples convertissent l'énergie solaire en chaleur simple (température inférieure au point d'ébullition) pour le chauffage des locaux et de l'eau : ce sont des systèmes solaires thermiques appliqués couramment dans l'habitat.
- Une technique plus récente utilise des cellules photovoltaïques (PV) pour produire de l'électricité directement à partir de la lumière solaire : ce sont les systèmes solaires photovoltaïques. Les cellules photovoltaïques convertissent directement l'énergie lumineuse

¹¹ <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/le-developpement-durable/qu-est-ce-qu-une-energie-renouvelable>

en énergie électrique, ce sont des couples semi-conducteurs qui deviennent le siège d'une force électromotrice sous l'action de la lumière, cette force croît avec l'intensité lumineuse. Ces cellules fonctionnent également par ciel couvert, avec le rayonnement diffus. Pendant le jour, les capteurs permettent d'alimenter en courant continu les appareils électriques à faible consommation et le surplus d'électricité fourni est dirigé vers des batteries. On peut également utiliser un onduleur pour convertir le courant continu en courant alternatif et ainsi se connecter au réseau public.¹²



Figure 4: parc de centrales photovoltaïques

Source : [www.edf.fr/energie renouvelable](http://www.edf.fr/energie-renouvelable)

I.1.3.3 La biomasse

L'énergie issue de la biomasse est une source d'énergie renouvelable qui dépend du cycle de la matière vivante végétale et animale.

L'énergie biomasse est la forme d'énergie la plus ancienne utilisée par l'homme depuis la découverte du feu à la préhistoire. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité grâce à la chaleur dégagée par la combustion de ces matières (bois, végétaux, déchets agricoles, ordures ménagères organiques) ou du biogaz issu de la fermentation de ces matières, dans des centrales biomasses.¹³

L'utilisation du bois-énergie est une option qui peut être retenue pour le chauffage des bâtiments. La combustion directe des sous-produits forestiers (déchets d'élagages, copeaux, sciures, bois de rebus,...) peut se faire dans des cheminées (10 à 20% de rendement), des chaudières (70%) ou des installations industrielles (80%). En France, la ressource actuellement valorisée s'élève à 9Mtep et pourrait aisément être doublée. Sur le plan

¹²Leroy Arnault, 2004-2005, *l'architecture écologique UE développement durable*, université de la rochelle, p6

¹³ <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/quel-est-ce-que-la-biomasse>

environnemental, dans une forêt entretenue et en croissance, ce qui est le cas en Europe du Nord, le bilan CO est équilibré. Outre le bois-énergie, la valorisation de la biomasse couvre les disciplines suivantes : la carbonisation (charbon de bois), la gazéification de déchets végétaux, le biogaz (méthane obtenu par la fermentation des déchets ou des boues des stations d'épuration), les biocarburants (végétaux riche en sucre ou oléoprotéagineux).¹⁴



Figure 5: centrale biomasse + les déchets (bois, végétaux..) utilisés

Source : www.biomasse-energikilde.blogspot.com

I.1.3.4 L'hydraulique

L'énergie hydraulique permet de fabriquer de l'électricité, dans les centrales hydroélectriques, grâce à la force de l'eau. Cette force dépend soit de la hauteur de la chute d'eau (centrales de haute ou moyenne chute), soit du débit des fleuves et des rivières (centrales au fil de l'eau).

L'énergie hydraulique dépend du cycle de l'eau. Elle est la plus importante source d'énergie renouvelable.

Sous l'action du soleil, l'eau des océans et de la terre s'évapore. Elle se condense en nuages qui se déplacent avec le vent. La baisse de température au-dessus des continents provoque des précipitations qui alimentent l'eau des lacs, des rivières et des océans.

Une centrale hydraulique est composée de 3 parties :

- Le barrage qui retient l'eau
- La centrale qui produit l'électricité

¹⁴ Leroy Arnault, 2004-2005, *l'architecture écologique UE développement durable*, université de la rochelle, p6

- Les lignes électriques qui évacuent et transportent l'énergie électrique

C'est une énergie qui n'émet pas de gaz à effet de serre, elle est utilisable rapidement grâce aux grandes quantités d'eau stockée et c'est une énergie renouvelable très économique à long terme.¹⁵



Figure 6: centrale hydraulique

Source : [www.edf.fr/ énergie renouvelable](http://www.edf.fr/energie_renouvelable)

I.1.3.5 La géothermie

L'énergie géothermique dépend de la chaleur de la Terre.

Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité dans les centrales géothermiques, grâce à l'eau très chaude des nappes dans le sous-sol de la Terre.

La température des roches augmente en moyenne de 1 °C tous les 30 m de profondeur. En certains points du globe, en particulier dans les régions volcaniques, qui correspondent à des intrusions de magma dans la croûte terrestre, cela peut aller jusqu'à 100 °C par 100 m.

Une centrale géothermique est composée de 3 parties :

- La pompe
- L'usine qui produit l'électricité
- Les lignes électriques qui la transportent.¹⁶

¹⁵<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/quest-ce-que-l-energie-hydraulique>



Figure 7: centrale géothermique

Source : [www.edf.fr/ énergie renouvelable](http://www.edf.fr/energie-renouvelable)

I.1.4 Gestion de l'eau

I.1.4.1 L'eau de pluie

La récupération des eaux pluviales concerne tous les secteurs du bâtiment (individuel, collectif, tertiaire) et peut représenter une économie de plus de 60 % sur la consommation totale d'eau. La dégradation progressive de la qualité des eaux, principalement due aux pollutions agricoles et aux rejets industriels divers, couplée à un prix moyen du m³ en constante augmentation, font de la récupération des eaux pluviales un procédé naturel, économique et complémentaire au réseau de distribution d'eau potable.

Les différentes utilisations de l'eau de pluie : l'arrosage des espaces verts, le lavage de la voiture et des sols (ménage), l'alimentation des retenues d'eau (étangs, mares artificielles...), l'alimentation des chasses d'eau, l'alimentation de la machine à laver le linge, l'alimentation des réseaux de chauffage et de climatisation,...

I.1.4.2 Recyclage des eaux usées

Consommer moins d'eau pour rejeter moins d'eau polluée, polluer moins en quantité et en qualité, ne pas diluer les eaux usées avec l'eau de pluie propre et séparer les types d'eaux sales pour mieux les traiter. On distingue différents types de consommation d'eau et par conséquent différents types de pollution et de rejet d'eau polluée : les eaux de consommation (boisson, préparation des aliments, arrosage du jardin) qui ne présentent pas de rejet, les eaux noires (eaux fécales des sanitaires), les eaux grises (eaux ménagères des lavabos, éviers,

¹⁶ <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/qu-est-ce-que-la-geothermie>

douches et baignoires), les eaux pluviales propres, ou sales suivant l'état des surfaces de ruissellement, les eaux usées formées par les eaux grises et noires .

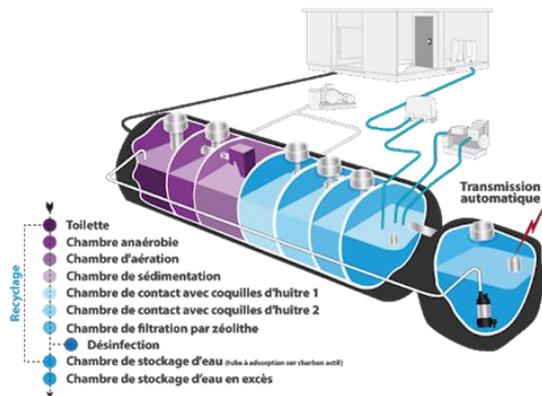


Figure 8: système autonome des traitements des eaux usées

Source : www.edf.fr/dveloppement_durable

I.1.5 Chantier propre

Sur chantier, un pré-tri des déchets doit être organisé par les entreprises en fonction des volumes attendus et des filières locales de valorisation existantes. Le coût réel de la gestion des déchets de chantier doit transparaître dans les remises de prix proposées par les entreprises. À cet effet, des postes séparés sont prévus dans les documents de marché pour prendre en compte les différents types de déchets, le coût du transport, du chargement/déchargement, du tri et de l'évacuation vers les filières ad hoc.

Dans tous les cas, les déchets seront séparés au moins en quatre catégories :

- emballages (verre, métaux, bois non traité...) déchets inertes (gravois, céramique, béton propre...)
- déchets industriels banals (PVC, isolant, plâtre...)
- déchets industriels spéciaux (silicones, huiles, peintures, amiante ciment...).

Le tri final est réalisé dans un centre de tri spécialisé ou directement sur le chantier, les déchets ainsi séparés partiront ensuite vers les filières de recyclage ou de valorisation.



Figure 9: Un exemple de chantier propre sur un projet HQE. Bennes de tri des déchets. Crèche des Chenevres. En cours de construction en 2005.

Source : Leroy Arnault, 2004-2005, *l'architecture écologique UE développement durable*, université de la rochelle

I.1.6 Analyse de cycle de vie d'un bâtiment

Le cycle de vie d'un bâtiment comprend plusieurs phases qui vont de l'extraction des éléments primaires et la fabrication des composants de construction, jusqu'à sa déconstruction sélective en fin de vie et à la remise en état du site. Pour préserver notre environnement, le secteur du bâtiment doit jouer un rôle primordial, car il est responsable en Europe d'une large part des impacts environnementaux. En fin de vie, le bâtiment devra être finalement démoli, voire déconstruit de manière à récupérer sélectivement ce qui sera devenu un ensemble de déchets.

Le bâtiment disparu, il conviendra de procéder à une remise en état du site (récupération des fondations, dépollution du sol, replantations...). La démarche HQE a largement contribué à attirer l'attention du secteur du bâtiment sur ce point en privilégiant l'adaptation des bâtiments ou en proposant d'organiser la déconstruction sélective des bâtiments lors de certaines opérations.¹⁷

¹⁷Leroy Arnault, 2004-2005, *l'architecture écologique UE développement durable*, université de la rochelle, p7,8,9



Figure 10: cycle de vie d'un bâtiment

Source : [www.eduscol.education.fr/ministère de l'éducation et de la jeunesse française](http://www.eduscol.education.fr/ministère%20de%20l%27éducation%20et%20de%20la%20jeunesse%20française)

I.2 Méthodes d'évaluation qualitative environnementale des bâtiments

I.2.1 La qualité environnementale des bâtiments

La qualité environnementale est une évolution profonde de l'acte de bâtir. Elle s'inscrit logiquement dans une démarche de développement durable appliquée au secteur du bâtiment, dont les trois éléments de base sont : le respect de l'environnement l'équité sociale et l'efficacité économique. Elle s'applique aussi bien aux bâtiments futurs qu'existants. Elle se caractérise par une vision multicritères qui consiste en l'intégration des paramètres environnementaux dans le processus de la production et de la rénovation des bâtiments.

L'architecture environnementale quant à elle, est une approche globale qui vise à maîtriser les différents rapports dynamiques entre l'espace construit et son environnement extérieur et harmoniser l'espace intérieur avec le milieu social, naturel et architectural. Elle vise à satisfaire les exigences complémentaires suivantes :

- La maîtrise des impacts du bâtiment sur son environnement extérieur ;
- La création d'un environnement sain et confortable pour les utilisateurs;
- La préservation des ressources naturelles en optimisant leur usage et en réduisant les pollutions ;
- Minimisation du recours abusif aux énergies non renouvelables et matériaux nocifs.

I.2.2 Évaluation qualitative environnementale des bâtiments

L'Evaluation Qualitative Environnementale des Bâtiments (EQEB) est le processus qui consiste à établir un diagnostic détaillé des performances environnementales et sanitaires

d'un bâtiment à partir d'une expertise basée sur un système d'indicateurs préalablement défini dont les résultats seront ensuite comparés aux valeurs référentielles de base.

Etant donné que ce concept est extrêmement récent et complexe, il n'existe actuellement aucun référentiel standard international commun. Cependant, il convient de noter l'existence d'une volonté européenne dont l'objectif est d'aligner les référentiels d'évaluation de la Qualité Environnementale des bâtiments délivrés par les différents organismes, dans les pays dans lesquels ils interviennent. Ce qui devrait permettre à terme de développer et de promouvoir à l'échelle européenne une méthode d'évaluation et une marque communes gérées par un conseil européen.

Une augmentation significative d'intérêts et d'activités de recherche dans l'élaboration des méthodes d'analyse environnementale des bâtiments est constatée ces dernières années de par le monde. Désormais, les maîtres d'ouvrage et les concepteurs ont une multiplicité de choix dû au nombre important et à la variété des approches et des outils existants: l'évaluation peut être réalisée à différents niveaux, depuis l'évaluation simple à partir d'un questionnaire jusqu'à une analyse complète et détaillée sur le cycle de vie.

I.2.3 Paramètres d'évaluation qualitative environnementale des bâtiments

L'évaluation qualitative environnementale vise à déterminer avec précision les performances environnementales des bâtiments dont l'objectif est de mettre en place une stratégie visant l'intégration de la notion de durabilité lors des différentes opérations de rénovations et de réhabilitation du bâti ancien, afin de mieux préserver sa valeur patrimoniale et assurer sa sauvegarde dans le cadre des nouvelles politiques d'aménagement et de renouvellement urbain.

Les critères d'évaluation qui constitue le système d'indicateurs de cette opération environnementale s'appuie sur une approche globale et couvrent l'ensemble des paramètres environnementaux techniques susceptibles d'être améliorés tels que :

- Le confort acoustique, visuel, olfactif, hygrothermique et la qualité de l'air;
- Hygiène et gestion des déchets ;
- La gestion de l'eau ;
- La qualité des matériaux et techniques de construction;
- Les mesures de sécurité et de protection contre toute source de danger;
- Les performances énergétiques.

I.2.4 Méthodes d'évaluation qualitative environnementale des bâtiments

Conscients de l'importance de la qualité environnementale de leur parc immobilier, beaucoup de pays avancés ont développé ces dernières années, suivant des directions différentes selon leur genèse ou la culture de leur pays, des démarches de qualité environnementales appliquées au secteur de bâtiments visant à déterminer les paramètres environnementaux à intégrer dans le processus de conception, de réalisation et de gestion des futures constructions et évaluer la qualité de celles existantes en vue d'une éventuelle amélioration de leurs performances sans les dénaturer.

En Allemagne et en Autriche par exemple, tous les acteurs (concepteurs, constructeurs et occupants), s'impliquent dans une démarche environnementale empirique. En France, au Royaume-Uni et en Scandinavie, l'approche est fondée sur des grilles d'objectifs souvent simples à quantifier, elle est basée sur la mobilisation individuelle de chaque citoyen motivé par des incitations fiscales et des réglementations très précises. La plupart de ces démarches sont évolutives et font l'objet de modification tenant compte des résultats des réalisations expérimentales.

Parmi ces démarches internationales pionnières dans le domaine de la qualité environnementale des bâtiments actuellement en cours d'utilisation on cite:

I.2.4.1 Le système Américain USGBC 1998:

Aux USA, L'US Green Building Council (USGBC), (conseil national pour l'architecture durable US) fondé en 1994, gère un label appelé LEED (Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System) certification environnementale des bâtiments d'habitation et du secteur tertiaire créé aux Etats Unies en 1998 par un groupe d'entreprises réunies au sein de l'USGBC. L'objectif de départ était double : définir ce qu'est un bâtiment environnemental par un ensemble d'indicateurs et fournir au marché un label de qualité en même temps qu'un outil de comparaison des performances environnementales.

L'organisme a réuni, pour créer la première version de la norme, tous les acteurs du bâtiment: architectes, ingénieurs et professionnels du secteur mais aussi spécialistes de l'énergie, propriétaires fonciers, associations de défense de l'environnement, universités et collectivités locales. Aux Etats Unis d'Amérique, (Green building) représente une part significative de l'activité de construction. En mars 2000, les douze premiers bâtiments étaient certifiés LEED. Les progrès de ce standard ont ensuite été très rapides.

Dans la version LEED 2.0, les critères de performance environnementale sont ainsi organisés en cinq catégories principales : la durabilité des constructions, l'efficacité énergétique, les économies de ressources et de matières premières, la qualité environnementale de l'intérieur du bâtiment et la bonne utilisation de l'eau. [USGBC, 2001].

L'USGBC a été également à l'origine de la création, en 1998, du World Green Building Council (WGBC), association internationale à but non lucratif qui fédère des organismes de dix pays (Etats-Unis, Mexique, Brésil, Japon, Italie, Espagne, Emirats arabes unis, Australie, Chine, et Corée). L'association américaine des architectes et de nombreuses villes font la promotion de l'architecture écologique. La ville de New York applique un cahier des charges "verts" à l'ensemble de ses opérations.



Figure 11: USGBC US Green Building Council

Source : www.USGBC.org

I.2.4.2 Le CaGBC au Canada

Largement inspiré du modèle Américain LEED, le système d'évaluation relatif à la construction de bâtiments à haut rendement écologiquement durables LEED Canada, est un organisme volontaire conçu en avril 2007 par le Canada Green Building Council (CaGBC) et adapté par le conseil du bâtiment durable du Canada. S'appliquant à tous les types de bâtiments nouveaux et existants, ce système de conception et de réalisation en matière d'architecture environnementale, favorise la promotion des principes du développement durable et de la qualité environnementale dans le domaine du bâtiment en mettant à la disposition des professionnels du secteur, une série de normes et d'outils nécessaires pour la réalisation de constructions écologiques.

Dans le but de généraliser et d'accélérer les opérations de conception et de construction de bâtiments environnementaux au Canada, il vise également à harmoniser les conditions préalables et à soutenir les pratiques exemplaires à toutes les étapes du cycle de vie d'un bâtiment, avec comme objectifs généraux :

- Reconnaître les pratiques de saine gestion environnementale des propriétaires et gestionnaires d'immeubles;
- Encourager et guider les organisations disposées à adopter de telles pratiques;
- Protéger l'environnement;
- Garantir un milieu intérieur sain.

Ce système d'évaluation des bâtiments durables LEED Canada pour les constructions existantes, continue de prendre de l'ampleur dans tout le Canada, il s'est fixé comme objectif d'ici 2015, d'atteindre 100.000 bâtiments et 1 million de maisons certifiés à l'échelle du pays, avec une réduction de 50% de la consommation en matière d'énergies non renouvelables. [CaGBC, 2006].



Figure 12: CGBC Canada Green Building Council

Source : www.canadiandesignresource.ca

I.2.4.3 Le BREEAM (Royaume Uni) 1990

En Grande-Bretagne, Le Building Research Establishment Environmental Assessment Method développe depuis 1990 le « BREEAM Green Leaf », une approche dont le but principal est d'aider les différents acteurs du secteur du bâtiment à évaluer de manière exhaustive l'ensemble des impacts environnementaux d'un immeuble durant toutes les étapes du cycle de vie.

Basé sur un référentiel transversal qui prend en compte management, énergie, matériaux, confort, transport, implantation, pollution atmosphérique, ce standard s'est rapidement développé avec des adaptations aux différents types de constructions. Il est le plus répandu dans le monde.

Cette méthode d'évaluation multicritères vise l'intégration des cibles environnementales dans les opérations de réalisation, extension ou rénovation de bâtiments futurs et existants. Le bâtiment est évalué contre des critères de performances environnementales fixées par le BRE. L'évaluation se fait selon un système de cotations divisé en neuf catégories. En général, ces points sont estimés par la BREEAM de "passable", "bon", "très bon" ou "excellent". Le système de cotation environnementale est prédéterminé par un comité consultatif national (à travers un éventail d'acteurs professionnels et d'autres financiers au Royaume Uni) et mis à jour de temps en temps. En aucun cas, les utilisateurs ne peuvent appliquer leurs propres critères individuels d'évaluation. [BREEAM, 2007].



Figure 13: BRE Environmental Assessment Method

Source : [www.Accompagnement BREEAM ASSESSOR / BREEAM AP – Citae. Fr](http://www.AccompagnementBREEAMASSESSOR/BREEAMAP-Citae.Fr)

I.2.4.4 Le modèle Japonais CASBEE

Déclinaison du label américain LEED, la certification Japonaise CASBEE signifie Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency. Introduisant la notion de culture et de caractère régional de la construction, CASBEE fait partie d'un projet conçu pour suivre le déroulement des processus de conception des bâtiments, depuis la phase d'avant-projet, le suivi de la conception jusqu'à son aboutissement.

Elle incluse quatre outils d'évaluation qualitative environnementale des bâtiments : (Outil 0), (Outil 1), (Outil 2) et (Outil 3).

- Outil 0 : est un outil d'évaluation d'avant-projet qui suggère le choix d'emplacement urbanistique et l'impact du projet.
- Outil 1: l'outil d'environnement pour la conception est un système simple de check-list pour améliorer l'efficacité environnementale de bâtiment (EEB) pendant la phase de conception.

- Outil 2: un Ecolabel qui est utilisé pour évaluer l'efficacité environnementale de bâtiment EEB.
- Outil 3 : l'outil de gestion de bâtiment et de rénovation qui fournit aux Maîtres d'Ouvrage et aux promoteurs les informations pour améliorer l'EEB pendant la phase post-conception

Chaque outil de CASBEE a ses propres caractéristiques pour satisfaire les objectifs spécifiques des utilisateurs. Les types de bâtiments concernés sont les bureaux, les écoles et les bâtiments résidentiels collectifs [ABDELGHANI-IDRISSI et al, 2004].



Figure 14; Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency

Source : www.gbig.org

I.2.4.5 La démarche Suisse MINERGIE 1996

Exploité par l'association MINERGIE (AMI), sous mandat de l'Agence Fédérale du Bâtiment, le label MINERGIE, crée en 1996, s'engage à diffuser des connaissances afin de transmettre aux maîtres de l'ouvrage et aux planificateurs ce standard de construction respectueux des principes du développement durable. Il vise la réduction des consommations énergétiques autour de cinq priorités :

- Exigences de base requises pour l'enveloppe du bâtiment ;
- Valeurs limites pour l'indice de dépense d'énergie thermique ;
- Renouvellement d'air mécanique ;
- Exigences supplémentaires, en fonction du type de bâtiment;

Surcoût d'investissement limité à 10% maximum.

Le standard MINERGIE-ECO complète l'approche avec des cibles complémentaires : matériaux, gestion de l'eau, énergies, coût de construction etc. Certaines villes (exemple de

Zurich) exigent au moins 20 % de couvertures de besoins énergétiques en énergie renouvelable (éolien, solaire, géothermique) ou une sur isolation thermique apportant une économie équivalent en CO₂. [MINERGIE, 2006].



Figure 15: symbole de la certification suisse des bâtiments

Source : www.edj.ch/actualite/la-qualite-minergie-confirnee.html

I.2.4.6 Le système Allemand PASSIVHAUS

La qualité environnementale des bâtiments est une approche assez largement partagée en Allemagne dont les principaux critères sont décrits sur un guide pour les bâtiments durables (Guideline for sustainable building). L'objectif principal du label PASSIVHAUS est la réduction des consommations énergétiques des immeubles en assurant l'apport en énergies solaires passive, en renforçant l'isolation des bâtiments, l'utilisation des énergies renouvelables et la récupération de chaleur. Sa valeur cible, est d'arriver à une consommation inférieure à 50 kWh/m²/an, pour l'eau chaude sanitaire, le chauffage et l'électricité. [PASSIVHAUS, 2007].

HURPY et al [1995], nous font savoir que la démarche allemande concernant la qualité environnementale des constructions se veut plutôt une approche écologique, elle vise à maîtriser les effets de la construction à trois échelles :

L'échelle locale, avec la qualité du site et de l'intérieur du cadre bâti, qui a un effet direct sur son usager : confort hygrothermique, acoustique, lumineux, effets de matériaux et des choix techniques sur la qualité de l'air, état du sol, de la végétation et du paysage, facilités d'usage et d'accès, économies d'exploitation, organisation des relation avec l'extérieur et possibilité d'accès aux ressources locales.

L'échelle régionale : préservation des ressource locales, en eau, en sol et en matériaux, pollutions régionales du à la production de matériaux nécessaires, à leur transport, effet de la modification du milieu par le projet, déchets de construction, de démolition et d'exploitation.

L'échelle planétaire : effets directs ou indirects, réversibles ou irréversibles, sur l'air, l'eau et le sol, les ressources, des flux de matière générés tout au long de la vie du bâtiment.

Fondée sur l'optimisation de la forme, de la matière, de l'exploitation et de la maintenance, la logique allemande en matière de la qualité environnementale des bâtiments, s'appuient sur le long terme.

Elle s'applique à tous types de bâtiments dans la majorité des opérations publiques ou privées tels que les maisons individuelles, les logements collectifs, les bâtiments industriels, les bureaux ainsi que les crèches et les écoles où le programme scolaire intègre les principes du développement durable. [GAUZIN-MÜLLER, 2001].



Figure 16: symbole du Le label PassivHaus de la maison passive

Source : www.maison-passive-neoabita.fr/actualites

I.2.4.7 L'expérience Française HQE 1996

En France, la volonté publique de construire des bâtiments ayant une qualité environnementale satisfaisante est apparue au début des années 90. La dénomination de l'approche française de l'architecture environnementale promue par les membres de l'association Haute Qualité Environnementale (HQE) a été créée en 1996. Regroupant l'ensemble des professionnels de la construction : associations, syndicats, maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprises, fabricants de produits de construction, experts etc.,

Cette association afin d'obtenir, améliorer ou maintenir la qualité environnementale des bâtiments dans le cadre d'opérations de construction, d'adaptation ou de gestion, s'est fixé deux missions essentielles :

- Approfondir, et faire progresser la démarche HQE, en fournissant aux acteurs du bâtiment des référentiels et des méthodes opérationnelles ;
- Accompagner le développement de la HQE, en assurer la promotion et la reconnaissance en particulier par la formation et la certification.
- La HQE, s'appuie sur un système de cibles visant trois exigences :
- La maîtrise des impacts d'un bâtiment sur son environnement extérieur ;
- La préservation des ressources naturelles ;
- La création d'un environnement intérieur sain et confortable pour les utilisateurs.

Regroupées en quatre thèmes : éco-construction, éco-gestion, confort et santé, ces cibles correspondent à 14 d'objectifs à atteindre [HQE, 1998].¹⁸



Figure 17: le label français HQE Haute Qualité Environnementale

Source : www.greenation.fr

Conclusion :

De ce qui précède il est évident que la philosophie du développement durable appliquée à l'architecture s'attache à la conception et à la construction de bâtiments respectueux de l'environnement, et par extension, une fois le bâtiment achevé à la santé et au bien-être des utilisateurs, ainsi que la qualité de vie des communautés riveraines.

L'architecture environnementale doit surtout veiller aux impacts sur le changement climatique et à l'utilisation/recyclage de matériaux de construction provenant de sources locales, à la consommation d'énergie, la conception des espaces verts ou la gestion des déchets...etc.

¹⁸ Ammar BOUCHAÏR Professeur, Directeur du Laboratoire de Recherche du Cadre Bâti et Environnement Chef du département d'Architecture, Université de Jijel, *l'évaluation environnementale qualitative du vieux bâti-Méthodes et Outils-*, Jijel-Algérie-, p 2-3-4-5-6-7-8

La qualité environnementale d'une construction s'apprécie au regard d'un certain nombre de principes, critères et paramètres qui peuvent être proposés librement par un architecte ou un constructeur ou être formalisés au sein d'un référentiel, afin de garantir un cadre d'évaluation.

II. La Haute Qualité Environnementale dans la conception des équipements éducatifs

Introduction:

« En interaction avec son territoire, un bâtiment durable est un ouvrage qui offre une bonne qualité de vie, respecte l'environnement et apporte performance énergétique et économique. Il est conçu, géré et utilisé de façon responsable tout au long de son cycle de vie ». -l'association HQE-

Les enjeux sanitaires et économiques liés à la qualité de vie intérieure des bâtiments sont importants. La bonne qualité de l'espace intérieur dans les établissements recevant du public sensible comme les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier jusqu'à second degré (écoles maternelles, primaires, collèges, lycées...) a un effet démontré sur la qualité de concentration, la performance d'apprentissage des élèves et même le taux d'absentéisme.

Il est donc important de mettre en œuvre des actions pour améliorer cette qualité environnementale, ces actions doivent être encadrées et guidées par des professionnels selon des principes et des objectifs que chacun doit adapter aux problématiques de son territoire et de son projet de construction.

Dans ce chapitre, nous baserons sur l'une des méthodes d'évaluations qualitatives environnementales des bâtiments qui est la méthode HQE passant par leurs quatorze cibles, pour aller voir ensuite le domaine de l'éducation, notions de base, aperçu historique et le système éducatif algérien (principes, objectifs généraux, organisation du cursus).

II.1 La haute qualité environnementale

II.1.1 Qu'est-ce que la HQE?

Donner en quelques mots une définition de la Haute Qualité Environnementale n'est pas forcément simple. Il ne s'agit pas d'une nouvelle norme, ni d'un label supplémentaire. La HQE est d'abord une démarche, celle de "management de projet" visant à limiter les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement tout en assurant à l'intérieur du bâtiment des conditions de vie saines et confortables. Esthétique, confort, agrément de vie, écologie, durabilité : la Haute Qualité Environnementale prend en compte la globalité, joue le développement durable et représente ainsi l'état le plus avancé de l'art de construire.

Un bâtiment conçu, réalisé et géré selon une démarche de qualité environnementale possède donc toutes les qualités habituelles d'architecture, de fonctionnalité, d'usage, de performance technique et autres que l'on est en droit d'attendre. Mais en plus, ses impacts sur l'environnement ont été durablement minimisés. Cela, aussi bien par le choix des matériaux de construction, que par la prise en compte de la maintenance du bâtiment, éventuellement même de sa déconstruction et, surtout, par les économies d'énergie qu'il permet et qui limiteront l'accroissement de l'effet de serre dont est menacée la planète.¹⁹

II.1.2 Genèse de la démarche HQE

La démarche de Haute Qualité Environnementale, initiée au début des années 90, s'est développée sous l'égide du Plan Construction Architecture (PCA) à la faveur des travaux de l'ATEQUE (Atelier d'Évaluation de la Qualité Environnementale) et d'une douzaine de réalisations expérimentales dans le domaine de l'habitat social (REX HQE). L'Association HQE – dont l'ADEME est membre fondateur – a ensuite capitalisé ces expériences et mobilisé progressivement l'essentiel des acteurs du bâtiment en France. C'est cette entité, représentant la quasi-intégralité de ceux-ci, qui participe pour la France aux rendez-vous mondiaux des acteurs d'une construction respectueuse de l'environnement que sont les SB & GBC.

Les référentiels, qui fondent la démarche HQE dans le secteur du bâtiment, ont été élaborés dans le consensus par un groupe de travail de l'Association HQE. Ils ont été rendus publics dans leur première version en novembre 2001 au cours des "Premières Assises de la Démarche HQE".

L'historique ci-après (voir figure) présente les principaux événements environnementaux qui ont contribué à la création et mise en place de la démarche HQE

¹⁹L'ADEME, *bâtiment et démarche HQE*, p4

ADEME en bref :L'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie est un établissement public sous la tutelle conjointe des ministères de l'Ecologie et du Développement Durable, de l'Industrie et de la Recherche. Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. L'agence met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aide à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable. www.ademe.fr

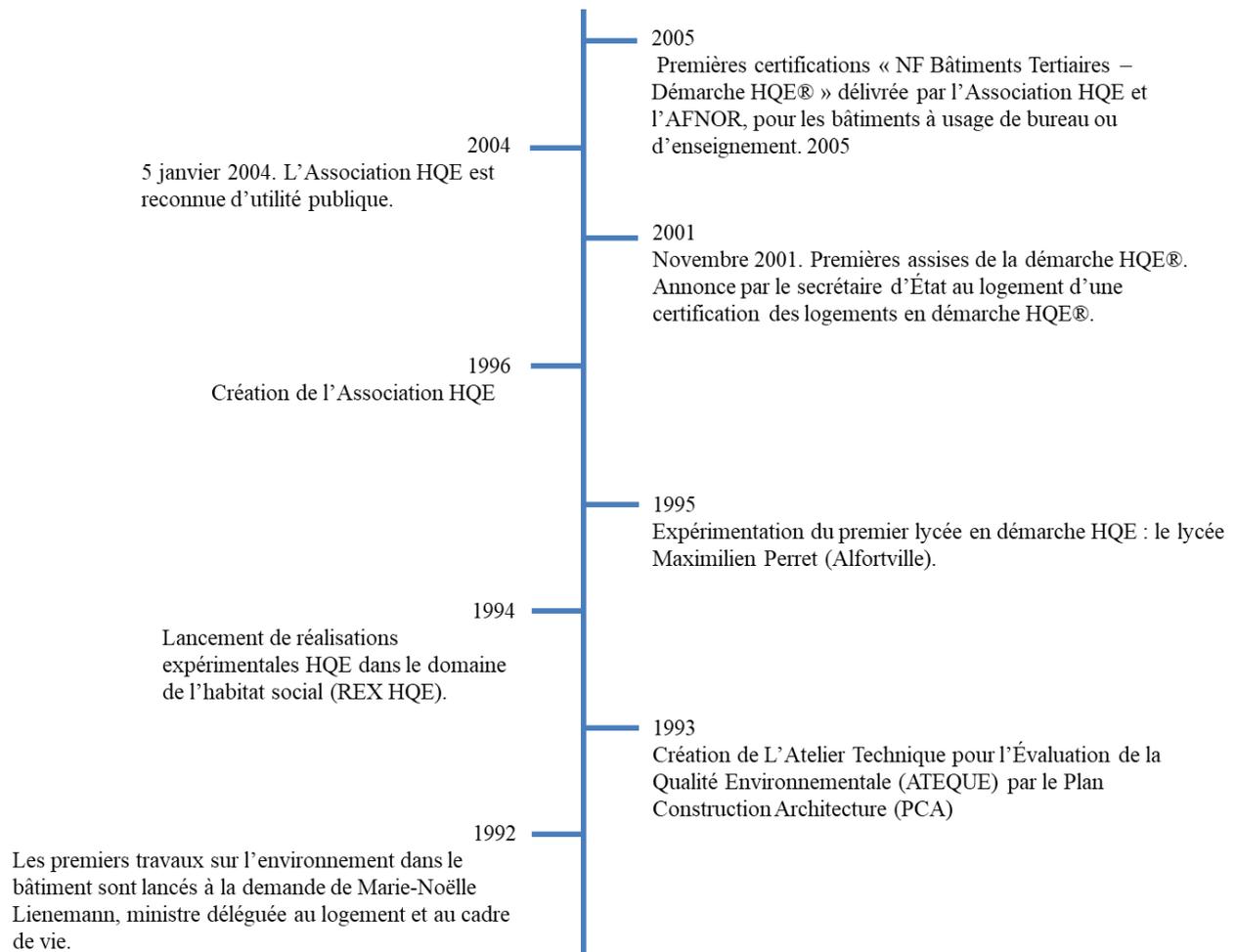


Figure 18: Historique de la mise en place de la démarche HQE

II.1.3 La démarche HQE : aspects techniques

II.1.3.1 Les 14 cibles de la Haute Qualité Environnementale du Bâtiment

Les 14 cibles définies par l'association HQE ont pour objet de permettre au maître d'ouvrage de structurer ses objectifs. La méthode s'appuie à la fois sur l'organisation (le management) et les objectifs à atteindre. L'objectif est d'associer tous les acteurs du bâtiment pour enrichir le contenu (exigences, évolution...) sur la base des retours d'expérience.

Le but n'est pas d'atteindre une exigence maximale dans toutes les cibles mais de hiérarchiser ces cibles en fonction du contexte (terrain, destination du bâtiment) et des caractéristiques du projet. Le maître d'ouvrage classe les différentes cibles HQE, énoncées ci-dessous, selon trois catégories :

- Cible très performante : le concepteur du bâtiment étudie et propose différentes solutions techniques économiquement viables et au-delà de la pratique classique, pour appuyer la performance de cette cible.

- Cible performante : le concepteur s'attache à la qualité des solutions proposées afin d'atteindre une performance supérieure à la réglementation et/ou à la pratique classique. Cible de base : le concepteur veille à la conformité réglementaire et/ou à l'application des règles de bonnes pratiques. Le maître d'ouvrage peut choisir 3 ou 4 cibles sur lesquelles sera concentré un maximum d'efforts.

Cette liste comprend actuellement 14 cibles. Chaque cible se décompose en cibles élémentaires. On en distingue actuellement 52.

L'ensemble des 14 cibles est organisé comme suit:

Domaine D1 Les cibles de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur

Domaine D1

Les cibles de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur

- Famille F1

Les cibles d'éco-construction:

Cible n° 01 "Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat":

- utilisation des opportunités offertes par le voisinage et le site;
- gestion des avantages et désavantages de la parcelle;
- organisation de la parcelle pour créer un cadre de vie agréable;
- réduction des risques de nuisances entre le bâtiment, son voisinage et son site.

Cible n 02 "Choix intégré des procédés et produits de construction":

- adaptabilité et durabilité des bâtiments;
- choix des procédés de construction;
- choix des produits de construction.

Cible n 03 "Chantier à faibles nuisances":

- gestion différenciée des déchets de chantier,

- réduction du bruit de chantier;
- réduction des pollutions de la parcelle et du voisinage;
- maîtrise des autres nuisances de chantier.

- Famille F2

Les cibles d'éco-gestion:

Cible n 04 "Gestion de l'énergie":

- renforcement de la réduction de la demande et des besoins énergétiques;
- renforcement du recours aux énergies environnementalement satisfaisantes;
- renforcement de l'efficacité des équipements énergétiques;
- utilisation de générateurs propres lorsqu'on a recours à des générateurs à combustion.

Cible n 05 "Gestion de l'eau":

- gestion de l'eau potable;
- recours à des eaux non potables;
- assurance de l'assainissement des eaux usées;
- aide à la gestion des eaux pluviales.

Cible n 06 "Gestion des déchets d'activités":

- conception des dépôts de déchets d'activités adaptée aux modes de collecte actuelle et future probable;
- gestion différenciée des déchets d'activités, adaptée au mode de collecte actuel.

Cible n 07 "Entretien et maintenance":

- optimisation des besoins de maintenance;
- mise en place de procédés efficaces de gestion technique et de maintenance;
- maîtrise des effets environnementaux des procédés de maintenance.

Domaine D2

Les cibles de création d'un environnement intérieur satisfaisant

Famille F3

Les cibles de confort:

Cible n 08 "Confort hygrothermique":

- permanence des conditions de confort hygrothermique;
- homogénéité des ambiances hygrothermiques;
- zonage hygrothermique.

Cible n 09 "Confort acoustique" :

- correction acoustique;
- isolation acoustique;
- affaiblissement des bruits d'impact et d'équipements;
- Zonage acoustique.

Cible n 10 "Confort visuel" :

- relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur;
- éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques; éclairage artificiel satisfaisant et en appoint de l'éclairage naturel.

Cible n 11 "Confort olfactif" :

- réduction des sources d'odeurs désagréables;
- ventilation permettant l'évacuation des odeurs désagréables.

Famille F4

Les cibles de santé:

Cible n 12 "Conditions sanitaires":

- création de caractéristiques non aériennes des ambiances intérieures satisfaisantes;
- création des conditions d'hygiène;
- facilitation du nettoyage et de l'évacuation des déchets d'activités;
- facilitation des soins de santé;
- création de commodités pour les personnes à capacités réduites.

Cible n 13 "Qualité de l'air":

- gestion des risques de pollution par les produits de construction;
- gestion des risques de pollution par les équipements;
- gestion des risques de pollution par l'entretien ou l'amélioration;
- gestion des risques de pollution par le radon;
- gestion des risques d'air neuf pollué;
- ventilation pour la qualité de l'air.

Cible n 14 "Qualité de l'eau" :

- protection du réseau de distribution collective d'eau potable;
- maintien de la qualité de l'eau potable dans les bâtiments;
- amélioration éventuelle de la qualité de l'eau potable;
- traitement éventuel des eaux non potables utilisées;
- gestion des risques liés aux réseaux d'eaux non potables.²⁰

II.1.3.2 Système de management de l'opération

La mise en œuvre d'un système de management de l'opération (SMO) permet de définir la qualité environnementale du bâtiment et d'organiser l'opération pour l'atteindre. Il s'applique à l'organisation d'une opération depuis son début jusqu'à sa livraison, voire après sa mise en service.

²⁰ L'ADEME, *bâtiment et démarche HQE*, p.3, 6,7

Il est organisé en trois grandes phases :

- L'engagement, où sont décrits les éléments d'analyse demandés pour la définition du profil environnemental de l'opération et les exigences pour formaliser l'engagement ;
- La mise en œuvre et le fonctionnement, où sont décrites les exigences en matière d'organisation;
- Le pilotage de l'opération, où sont décrites les exigences en matière de surveillance et revues des processus, d'évaluation de la qualité environnementale du bâtiment (QEB), d'actions correctives et de bilan de l'opération.

Le SMO doit être adapté au degré de complexité de l'opération.

II.1.3.3 Les certifications HQE

Afin de distinguer les projets qui respectent réellement la démarche HQE, des démarches de certifications ont été récemment mises en place. La certification est une démarche volontaire qui se fait à la demande du maître d'ouvrage. Elle permet de vérifier que le bâtiment réalisé respecte bien les cibles de qualité environnementale prévues et que l'opération a été bien menée. Il existe deux certifications:

II.1.3.3.1 Certification : « Habitat et environnement » (Qualitel– mars 2003)

Applicable pour les logements collectifs et logements individuels groupés. Elle s'attache à diminuer l'impact du logement sur l'environnement tout au long de son cycle de vie. Elle décline 7 thèmes :

1. Management environnemental de l'opération;
2. Chantier propre;
3. Energie; réduction de l'effet de serre;
4. Filière constructive; choix des matériaux;
5. Eau;
6. Confort et santé;
7. Gestes verts.

Exemple :

En Ile de France, l'EPA Seine Arche a signé une convention avec Qualitel en avril 2005 afin que l'ensemble des immeubles de l'opération Seine Arche soit certifié selon le référentiel Habitat et Environnement.



Figure 19: quartier résidentiel Seine Arche

Source : www.docplayer.fr

II.1.3.3.2 Certification : « NF3-bâtiment tertiaire-démarche HQE »

(CSTB– janvier 2005) Cette certification s'applique aux opérations immobilières de bureaux et bâtiments d'enseignement. Un référentiel de certification a été réalisé à l'initiative de l'association HQE, de l'Afnor et du CSTB. Celui-ci est mandaté par NF (Norme Française) pour délivrer cette marque de certification.

Le processus de certification comprend un audit en phase de conception, de programmation et de réalisation de l'opération qui donne lieu à la rédaction d'un rapport par un auditeur. Les évaluations comprennent des audits du Système de Management de l'Opération mis en place par le maître d'ouvrage et de la Qualité Environnementale du Bâtiment. La certification est délivrée après audition par un comité d'application composé d'experts. Le maître d'ouvrage peut alors apposer un marquage NF sur son bâtiment.

Au mois d'avril 2005, le plancher minimum du coût d'une certification est de 18 000 euros, le prix dépendant des caractéristiques de l'opération et notamment de son phasage. Cette certification prévoit de hiérarchiser les cibles en fonction du terrain, de l'usage de l'ouvrage et de la volonté du maître d'ouvrage. Pour obtenir la certification, l'opération doit avoir 3 cibles minima du niveau « très performant », 4 cibles à minima du niveau performant et les autres cibles soit 7 au minimum doivent être du niveau de base. Le niveau « très performant » fait référence aux meilleures performances récemment atteintes dans des opérations HQE. Le

niveau « performant » correspond à des performances allant au-delà du niveau de pratique courante, aussi appelé « niveau base ».

Exemple :

Les premières certifications « NF-bâtiment tertiaire-démarche HQE » sont délivrées dès 2005. 5 certifications sont délivrées ou en cours concernant différentes catégories de maître d'ouvrage : un maître d'ouvrage public (la mairie des Mureaux) en Ile de France ; un EPIC ; un maître d'ouvrage privé, la Société Générale à la Défense, et des certifications en cours aux EMGP (Plaine de France en Ile de France) et un projet du CG 82 (Tarn et Garonne).



Figure 20: Mairie des Mureaux, un bâtiment certifié en 2005 selon la norme « NF-bâtiment tertiaire –démarche HQE »

Source :Leroy Arnault, 2004-2005, l'architecture écologique UE développement durable, université de la rochelle

II.1.3.3 Extension de la certification à d'autres types d'immobilier

Des réflexions sont en cours pour étendre la certification : « NF-bâtiment tertiaire démarche HQE » à d'autres types d'immobilier (bâtiments commerciaux, d'hôtellerie, de logistique, bâtiments sportifs et bâtiments à usage de santé). Cette extension se fera sur la base de retour d'expériences. Des opérations pilotes CSTB sont en cours, elles se font sur appel à candidature, à la demande des maîtres d'ouvrage.

Le CSTB suit actuellement le centre commercial de Beaugrenelle à Paris, une opération de logistique à Beauvais (plate-forme Mac Donald dans l'Oise) et le projet d'Accor Novotel à Paris/Montparnasse.

Un test est mené sur un établissement industriel de la SAGEP (Eaux de Paris). D'après le CSTB, il n'est pas certain que la démarche aboutisse. En effet, les économies d'énergies liées

à la HQE sont négligeables compte tenu de celles réalisables sur les processus industriels (la consommation d'énergie est de l'ordre de 2% par le bâtiment, le reste par le processus).²¹

II.2 La haute qualité environnementale dans la conception des équipements éducatifs

II.2.1 L'éducation

II.2.1.1 Définition

L'éducation envisagée comme formation] Art de former une personne, spécialement un enfant ou un adolescent, en développant ses qualités physiques, intellectuelles et morales, de façon à lui permettre d'affronter sa vie personnelle et sociale avec une personnalité suffisamment épanouie.²²

Définition de l'éducation selon Durkheim« L'éducation est l'action exercée par les générations adultes sur celles qui ne sont pas encore mûres pour la vie sociale. Elle a pour objet de susciter et de développer chez l'enfant un certain nombre d'états physiques, intellectuels et mentaux que réclament de lui et la société politique dans son ensemble et le milieu social auquel il est particulièrement destiné ». Cette définition est la toute première définition sociologique de l'éducation.²³

II.2.1.2 L'évolution de l'école

- L'École Religieuse au Moyen Age

Au moyen âge, l'école était une affaire de religion, l'enseignement était fréquemment dispensé dans des institutions religieuses ; le monastère pour les chrétiens, la mosquée pour les musulmans, et le midrash pour les juifs. Cette éducation est majoritairement destinée aux garçons, le maître à la faveur de son savoir, jouissait d'une hiérarchie par rapport à ses élèves, celle-ci est interprétée dans l'espace, le maître était souvent surélevé, les élèves, eux s'asseyaient à même le sol.

En Algérie : Les enfants ayant l'âge d'aller à l'école fréquentaient des écoles coraniques, qu'ils désignaient par les noms : Mekteb, Mcid, ou bien Kouttab, ces écoles étaient conduites par des Talebs, ou des Moueddebs, ces derniers avaient comme mission d'apprendre aux enfants à écrire le Coran sur des planchettes en bois, en utilisant une encre aisément

²¹Pascale Leroi, avec la participation de Renaud Diziain et Jean-François Saigault, 2005, *Construction de Haute Qualité Environnementale -L'implication des Régions-*, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France, p10, 11, 12

²²<https://www.cnrtl.fr/definition/education>

²³Sup de Cours, *Emile Durkheim (1858 / 1917)*, Etablissement d'enseignement privé, Bordeaux, p.01

nettoyable à l'eau. Pour plus d'enseignement les enfants devaient rejoindre plus tard des zaouïas (écoles secondaires) et les medersas (écoles supérieures), où ils apprenaient en outre du Coran, la littérature arabe, la grammaire, et le droit musulman. Les juifs d'Algérie allaient vers des Midrashim.

- L'École à Classe Unique pendant la Révolution industrielle:

Au cours de la fin du 18^e siècle, la révolution industrielle arrive et transforme profondément les sociétés sous l'effet des progrès techniques et du développement de l'industrie, le monde assiste dès lors à des phénomènes sans précédents, la population citadine s'est vue croître à cause de l'exode rural, l'éducation en masse se répand et prend de l'ampleur. En Angleterre est parue l'école à classe unique destinée à l'éducation des enfants de la classe ouvrière.

C'est à Joseph Lancaster qu'on doit cette innovation, dite la méthode mutuelle, elle passe pour être plus économique que la méthode simultanée : «faire plus avec le moins de moyens».

Ces écoles étaient souvent construites en brique et comportent peu ou pas du tout d'ornementation (ECCHS, 2009). Ce système permettait la scolarisation d'un grand nombre d'enfants et à moindre coût (320 élèves par classe), et facilitait de la sorte la lutte face aux problèmes économiques et démographiques de l'époque.

En Algérie : cette période coïncidait avec le début de la colonisation française 1830, à ce moment les écoles coraniques et les midrashim pour les juifs continuaient à enseigner de la même façon avec leurs programmes d'origine respectifs, (Guedj, 2003, p.18). En même temps la loi Guizot du 28 juin 1833 est venue organiser l'enseignement mutuel dupliqué à ce qui se faisait en France. Les enfants algériens ont rarement fréquenté l'école mutuelle, mais lorsque ça arrive et qu'un enfant algérien et un autre français partageaient la même classe, c'était là une belle occasion de s'enseigner mutuellement leur langue. La loi Guizot ordonne la construction d'une école primaire publique dans chaque commune, et fournir à chaque instituteur primaire un local aménagé, tant pour lui servir de logement que pour recevoir ses élèves pendant la durée des leçons.

A ce moment, la priorité était l'acquisition d'un maximum de locaux scolaires, et ce par n'importe quelle manière ; construction, achat, ou même location d'espaces convenables à l'enseignement, d'autres exigences concernant les installations matérielles n'étaient pas encore considérées, (Blondel, 1911). L'année suivante la proclamation de loi Guizot, l'architecte français Auguste Bouillon publie son livre « la construction des maisons d'école

primaire en 1834 », cet ouvrage se veut être une base référentielle pour l'évaluation et la critique des bâtiments scolaires français, car il dressait un recueil de modèles types des bâtiments scolaires (Toulier, 1982, p.11). Ceux-ci montrent des classes qui rappellent dans leur organisation le modèle lancastérien, ces classes étaient assemblées avec le logement de l'instituteur sous le même toit.

- La Maison d'Ecole à la Fin du 19e Siècle-Début 20e:

Vers la fin du 19e siècle, avec entre autres la loi Jules Ferry portant sur l'enseignement obligatoire en France, l'école primaire devient d'un accès obligatoire et gratuit en Europe, la méthode d'enseignement mutuelle s'était vite vue remplacer par la méthode simultanée ; chaque instituteur dirige une classe constituée d'un groupe d'enfants de même tranche d'âge, et à qui sera demandé d'accomplir la même chose et en même temps. C'est l'avènement du cours magistral, les enfants sont là, à écouter, mémoriser et obéir leur maître, ce dernier quant à lui passe pour jouer le rôle principal, il contrôle tout, éduque, récompense et punit.

Elle était animée par l'inspiration du modèle intérieur prussien ; salles de classe cellulaires accueillant 40 à 60 élèves, elles sont parfois séparées par un rideau, manière de permettre une flexibilité de l'espace. Ces classes s'organisent autour d'un grand hall multifonctionnel utilisé pour les leçons de musique, et le rassemblement.

En outre, on retrouve la maison du gardien, une cour extérieure, des latrines. L'espace est pensé de manière à mettre en avant la discipline, faciliter la surveillance: les salles de classe s'ouvrent sur le hall central, par leurs portes et ouvertures partiellement vitrées afin de permettre au directeur de l'école d'inspecter le déroulement des enseignements, la cour extérieure comporte moindrement de décrochements possibles, pour faciliter aux professeurs la surveillance des enfants pendant leur jeu, les garçons sont séparés des filles.

En Algérie : l'école primaire publique gratuite, laïque et obligatoire est déterminée par les lois (1881-82) de Jules Ferry entendues en France et ses colonies. Un effort de construction et d'aménagement vient accompagner ce dispositif réglementaire et législatif. Durant cette période, ont été menées plusieurs enquêtes par rapport aux nécessités en mobilier scolaire et en bâtiments (Blondel, 1911).

La loi du 18 janvier 1887 définit un ensemble d'instructions concernant la construction, le mobilier et le matériel d'enseignement

- L'École Moderne durant l'Entre-deux-guerres:

Au tournant du XXe siècle, des esprits nouveaux œuvrent pour changer l'école, ce mouvement est chapeauté par un groupe de pédagogues de grande renommée comme Maria Montessori, John Dewey, Roger Cousinet, Margaret MacMillan et tant d'autres qui plaident pour une école moderne, à pédagogie active adaptée à la psychologie de l'enfant, et qui refusent les pratiques de l'enseignement classique, basé sur la soumission et le contrôle. Le mouvement de l'école nouvelle reconsidère le statut de l'enfant et le place au centre de ses préoccupations, il soutient la coopération, l'esprit critique et d'exploration chez l'enfant pour un développement global de sa personne, il prône pour la même occasion une éducation pluridisciplinaire, et attache une importance égale aux différents domaines : artistiques, physiques, intellectuels, et également manuels, sociaux.

- L'École en Barre :

Les écoles en barres implantées au centre des parcelles, sont à l'image des unités d'habitation d'antan, ce type s'était répandu au lendemain du Congrès International de l'Architecture Moderne- CIAM, celui-ci prône la sobriété des constructions, la fonctionnalité, l'introduction des nouvelles techniques de construction et de nouveaux matériaux (l'industrialisation), il rejette catégoriquement l'académisme et les constructions monumentales.

- L'École de Plein Air:

Le second modèle d'école durant l'entre-deux-guerres est l'école plein air, celui-ci est destiné aux enfants mal portants, pré-tuberculeux capables de suivre des études sous l'œil attentif de médecins. Dans ces écoles on applique une pédagogie adoucie (pas d'enseignement formel, pas d'horaires ni de leçons fixes), l'architecture de ces écoles participe à l'acte de guérison ; les bâtiments entretiennent un rapport fort avec l'extérieur, ils sont ouverts de larges baies assurant à la fois l'éclairage, l'ensoleillement et la ventilation naturelle, et permettent à l'espace de s'étendre vers l'extérieur, et ainsi aux enfants de travailler en plein air, ce qui privilégie leur épanouissement mental et physique. Les espaces doivent impérativement comporter un système de chauffage efficace.

- L'École Pavillonnaire

Les commodités de l'école de plein air, réservées au début exclusivement aux enfants mal portants, s'étaient généralisées aux enfants bien portants. Les bâtiments bas et parsemés du

modèle pavillonnaire constitue la nouvelle norme pour l'architecture scolaire de l'époque, (Adam, 2006, p. 64). L'école pavillonnaire se distingue par l'implantation des salles de classe et autres bâtiments d'accompagnement au cœur d'un espace vert.

En Algérie : Depuis le 20^e siècle, il existait deux types d'enseignement : l'enseignement laïc ouvert à tout le monde, aux enfants de toutes les religions, cependant ce type était majoritairement fréquenté par les français ; et l'enseignement destiné aux indigènes appelé 'enseignement B'. Il est à observer qu'au cours de l'entre-deux-guerres l'intérêt porté à la construction des écoles primaires en Algérie était estompé pour deux raisons principales ; d'abord parce qu'on s'intéressait plus aux écoles supérieures et normales, et puis par rapport à la crise financière économique du moment.

Ces bâtiments d'école s'élèvent sur deux niveaux, au rez-de-chaussée au milieu se trouvent, la loge et le logement du concierge, les deux vestibules distincts filles et garçons, les bureaux administratifs, les préaux et l'escalier qui monte aux deux logements du directeur et de la directrice. De part et d'autre se trouvent séparément les classes des garçons et celles des filles, les galeries de distribution, les deux cours de récréation et les jardins.

- L'Ecole à Aires Ouvertes durant les Trente Glorieuses:

Peu après la deuxième guerre mondiale, le phénomène du baby-boom émerge et provoque un déficit important de constructions scolaires, pour répondre à la demande de scolarisation en hausse constante, il fallait désormais construire vite et à moindre prix. À cela s'ajoutent l'évolution des nouvelles techniques de constructions et la dégradation du potentiel de la main d'œuvre, tous ces paramètres ont contribué à l'introduction de la préfabrication et la modularisation dans les constructions scolaires.

Cette évolution accouche de nouveaux modèles de bâtiments d'école. Il est à noter que les deux modèles d'école cités plus haut (l'école pavillonnaire et l'école en barre) ont résisté durant cette période dans quelques pays. A partir des années 60, le monde assiste à une série de réformes éducatives.

L'architecture scolaire à aires ouvertes n'a pas réussi à imposer aux maîtres de changer leurs anciennes conceptions de l'enseignement. L'usage que l'on fait des espaces n'était souvent pas le même imaginé par les architectes. L'autre explication de cet échec est la négligence des spécificités locales, et la reproduction aveugle de ce type d'école sans concertation avec les parents, les élèves, les enseignants et les administrateurs

En Algérie : le plan décennal de 1954 pour la construction des écoles publiques a pour objectif de contenir le déficit en places pédagogiques existant, la Commission du Plan d'Équipement Scolaire soumet un programme de construction de 7330 logements d'instituteurs et 11000 classes, ce qui assurera la scolarisation d'un million d'enfants au cours de l'année 1963-1964 dans l'enseignement primaire, (Commissariat Général au Plan de Modernisation et d'Équipement, 1955). A partir de l'indépendance, l'Algérie met de grands moyens dans le secteur de l'éducation et réussit à élever sensiblement le taux de scolarisation de 47.2% en 1966 à 83.05% en 1998 (Kateb, 2005).

Néanmoins, l'école demeure un établissement à caractère autoritaire basé sur la discipline et le contrôle aux dépens de l'individualité de l'enfant. Au niveau de l'architecture scolaire, il n'y a pas eu d'évolution, on peut associer ça à la crise économique qui a frappé le pays dans les années 1980, le projet de construction d'une école se réduisait au simple agencement des classes de part et d'autre d'un couloir de distribution central, avec deux escaliers latéraux.

- L'École d'Aujourd'hui:

Aujourd'hui les nouvelles réflexions pédagogiques entraînent de nouvelles perceptions sur le caractère de l'espace scolaire, dans les nouvelles écoles, l'apprentissage par l'expérience devient essentiel, l'épanouissement de l'enfant et son implication sont désirés et encouragés au sein de l'établissement éducatif, celui-ci est fait pour l'enfant et non pour autre considération.

En Algérie : aujourd'hui les écoles publiques ou privées sont encore conçues à l'image des prisons, elles se renferment sur elles-mêmes, leur typologie architecturale est d'un temps révolu ; les espaces sont pensés à leur simple fonction de base ; un agencement de classes le long d'une galerie rectiligne qui donne sur la cour de récréation souvent bétonnée. Les murs de séparation sont trop rigides et imposants excluant toute possibilité de réaménagement, la conception des classes est traditionnelle ; surface rectangle aménagée de 3 ou 4 colonnes de tables doubles face au tableau et l'enseignant, ces classiques ne permettent pas l'application de l'approche par compétences dont se vante le ministère de l'éducation nationale, ce genre de lieu est fait pour écouter, mémoriser et seulement. Les classes communiquent entre elles par le biais du couloir conçu pour la seule fonction de circulation, l'école dans son ensemble revêt un caractère de monotonie extrême, et propose un rapport invariable avec l'extérieur, elle ne

se rattache aucunement au contexte culturel local, ce qui est défavorisant pour l'épanouissement des enfants et pour le développement de leurs facultés potentielles.²⁴

II.2.2 Enseignement

II.2.2.1 Définition

- Selon le dictionnaire Larousse le mot enseignement définit Action, manière d'enseigner, de transmettre des connaissances.
- La notion d'enseignement selon le courant de recherche « Étude de l'enseignement » (study of teaching) : L'analyse des régularités des comportements en situation scolaire : stratégies et tactiques²⁵

II.2.2.2 L'enseignement secondaire

- L'enseignement secondaire est aujourd'hui une catégorie courante de la description des structures scolaires. À l'échelle des comparaisons internationales, le terme est utilisé le plus souvent dans son sens large : il est l'étage moyen du cycle complet des études, celui qui s'adresse aux préadolescents et aux adolescents et qui les conduit, soit vers des études supérieures longues, soit vers un complément d'études plus étroitement spécialisé, soit directement vers le marché du travail.
- désigne l'ensemble des cours enseignés au collège et au lycée. Il arrive après l'enseignement primaire qui correspond à l'apprentissage de la lecture et du calcul et avant l'enseignement supérieur qui commence après le baccalauréat.²⁶

II.2.2.3 Système éducatif algérien

Le secteur de l'Éducation Nationale constitue l'un des premiers postes de dépenses du budget de l'État, le plus gros employeur et le plus grand parc infrastructurel du pays

II.2.2.3.1 Principes, objectifs généraux de l'éducation et organisation du cursus

Les principes régissant le système éducatif algérien sont définis par la constitution algérienne: Il est stipulé dans la constitution algérienne, notamment son article 53, que l'enseignement est un droit inaliénable. Il est, en outre, obligatoire, gratuit pour tout enfant en âge de scolarité jusqu'à l'âge de 16 ans.

²⁴ M. KATTI Lounis, 2017, *L'école et la ville : deux espaces à confondre*, université Abderahmane Mira de Bejaia, p .6

²⁵<https://journals.openedition.org/>

²⁶ <https://books.openedition.org/enseditions/5051?lang=fr>

L'enseignement est l'une des prérogatives majeures assignées à l'Etat qui lui alloue une enveloppe budgétaire conséquente.

Les familles sont exonérées de tout droit lié à la scolarité, nonobstant les frais des livres scolaires qui sont vendus à un prix recouvrant les seuls coûts de production. En outre, les élèves bénéficient d'une prime annuelle de scolarité.

Le système scolaire se caractérise par la centralisation en matière de programmes, méthodes et horaires.

Toutefois, la gestion des établissements et des personnels est décentralisée.

Organisation des cycles d'enseignement

La réforme du système éducatif a réorganisé l'enseignement obligatoire en le subdivisant en deux unités clairement identifiées : l'école primaire et le collège d'enseignement moyen.

Alors que la durée de l'enseignement primaire est passée de 6 à 5 ans, celle de l'enseignement moyen est passée de 3 ans à 4 ans. La réduction de la durée d'enseignement du primaire est accompagnée par la généralisation progressive de l'éducation préparatoire.

- Éducation préparatoire:

L'éducation préparatoire constitue un fondement de base dans l'éducation des enfants et leur préparation à l'accès à l'enseignement primaire, en leur offrant l'opportunité d'apprendre et de développer leurs capacités physiques, intellectuelles, créatives et psychosociales. Elle vise également le développement de leur personnalité et l'éveil de leur sens esthétique, l'acquisition des habiletés sensorimotrices ainsi que l'inclusion de bonnes habitudes les préparant à la vie collective et l'acquisition des premiers éléments de la lecture, de l'écriture et du calcul.

L'éducation préparatoire au sens de la loi d'orientation correspond au stade final de l'éducation préscolaire ; elle prépare les enfants âgés de cinq à six ans à l'accès à l'enseignement primaire. La loi prévoit la généralisation progressive de l'éducation préparatoire avec le concours des institutions d'administrations et d'établissements publics, des associations ainsi que du secteur privé.

L'éducation préparatoire a connu une évolution positive au cours de la période 2005 – 2014. En effet, la proportion des enfants de 5 ans qui y sont scolarisés a atteint 67.8% en 2014, alors

qu'elle était de 10.8% en 2005. Ce type d'éducation a connu un développement important, suite au passage de la dernière cohorte de l'enseignement fondamental vers l'enseignement moyen, le cycle primaire étant passé de six à cinq années, ce qui a permis d'exploiter les classes vacantes.

- L'enseignement fondamental d'une durée de 9 ans constitue une éducation de base commune à tous les élèves; il est assuré par l'école primaire de 5 ans, et par le collège d'enseignement moyen de 4 ans.

1/ l'enseignement primaire

Ses missions :

L'objectif général de l'enseignement primaire est de développer toutes les capacités de l'enfant en lui apportant les éléments et les instruments fondamentaux du savoir : expression orale et écrite, lecture, mathématiques.

Il lui permet de recevoir une éducation convenable, d'étendre sa conscience du temps, de l'espace, des objets et de son propre corps, de développer son intelligence, sa sensibilité, ses aptitudes manuelles, physiques et artistiques. Il lui permet également l'acquisition progressive de savoir méthodologique et le prépare à suivre dans de bonnes conditions la scolarité au collège d'enseignement moyen.

L'enseignement primaire se déroule au sein de l'école primaire, établissement de base de tout le système éducatif national. Le statut de cet établissement lui permet d'avoir les moyens indispensables à sa mission et d'élaborer un projet d'établissement. Ce projet d'établissement définit les modalités particulières de mise en œuvre sous l'autorité du directeur, des programmes nationaux en précisant les activités scolaires et périscolaires, les modalités de prise en charge des différentes catégories d'élèves.

2/ L'enseignement Moyen :

Ses missions :

L'enseignement moyen constitue la dernière phase de l'enseignement fondamental, avec ses propres finalités et des compétences bien définies. Celles-ci assurent pour chaque élève un socle de compétences incompressible d'éducation , de culture et de qualification lui

permettant de poursuivre des études et des formations post-obligatoire ou de s'intégrer dans la vie active. L'enseignement moyen se déroule dans les collèges d'enseignement moyen.

Son organisation

L'enseignement moyen est caractérisé par quatre années d'études. Les disciplines sont assurées par des enseignants différents. Les matières s'organisent autour de «pôles» disciplinaires. Ils visent à donner une culture générale, non seulement littéraire mais aussi scientifique, technique et artistique.

Les moyens didactiques du primaire et du moyen

Le manuel scolaire est l'outil essentiel dans l'enseignement fondamental.

3/ L'enseignement secondaire général et technologique

La réorganisation de l'enseignement post-obligatoire a été mise en œuvre, dans le cadre de la réforme du système éducatif algérien, à partir de l'année scolaire 2005/2006. Il est structuré en trois (03) segments :

Premier segment : l'enseignement secondaire général et technologique,

Deuxième segment : la formation et l'enseignement professionnels,

Troisième segment : l'enseignement supérieur.

Il apparaît, ainsi, clairement que le schéma de l'enseignement secondaire général et technologique présente l'avantage d'être en cohérence avec l'enseignement obligatoire en amont et en harmonie avec les deux segments de la voie professionnelle et de l'enseignement supérieur de l'étape post-obligatoire en aval.

Principes généraux de l'enseignement secondaire général et technologique:

- ne fait pas partie de l'enseignement obligatoire, il n'accueille que les élèves répondant aux conditions d'admission arrêtées par le ministre de l'éducation nationale ;
- prépare les élèves à l'examen du baccalauréat de l'enseignement secondaire; c'est un enseignement essentiellement orienté vers la préparation à des formations et à des études supérieures ;
- tient compte de l'organisation de l'enseignement supérieur pour sa restructuration;

- s'inscrit dans le sens des tendances mondiales qui régissent l'organisation de cette étape d'enseignement et qui évitent les spécialisations précoces et une trop grande multiplicité des cheminements et des filières, est une étape où l'élève reçoit une solide formation de base dans les domaines des lettres, des langues, des arts, des sciences et de la technologie, sans pour autant négliger les disciplines qui favorisent le développement de l'esprit civique et le sens des responsabilités. Ce n'est, en aucun cas, une étape de spécialisation dans le parcours scolaire des élèves,
- prend en charge les données qui découlent de l'évolution des sciences et de la technologie lors de l'élaboration de ses curricula,
- évite l'ouverture de filières considérées comme des filières « doublons », faisant appel aux mêmes profils et offrant les mêmes débouchés,
- favorise toutes les réorientations possibles en cours de parcours par la cohérence de ses cheminements et la flexibilité de ses procédures.
- Principes spécifiques de l'enseignement secondaire général et technologique

Doit :

Accueillir les admis de 4^{ème} AM dans un type d'organisation des enseignements sécurisant, évitant une rupture brutale avec la scolarité antérieure, assurant la continuité éducative et pédagogique à travers le maintien quasi-intégral des matières enseignées dans le moyen;

introduire la dimension de progressivité dans l'orientation vers les différentes filières en recourant, à l'issue de la 4^{ème} AM, à la pré-orientation selon les profils des élèves qui se répartissent d'une manière quasi naturelle en « littéraires » et « scientifiques » favorisant, ainsi, une orientation plus objective à la fin des tronc communs qui n'exclut pas des réajustements de la pré-orientation;

Homogénéiser, consolider, approfondir les acquisitions de l'étape d'éducation de base et asseoir un large socle de culture générale faite de connaissances et de compétences mobilisables pour les apprentissages ultérieurs et les choix de parcours académique et professionnel, indispensables pour la formation citoyenne.

Finalités de l'enseignement secondaire général et technologique

Il a pour finalités de :

- Contribuer à développer et à élever le niveau de connaissance et de conscience des citoyens ;
- contribuer à la production de diplômés de niveaux de connaissances, de compétences et de culture comparables aux “standards” et aux “normes” reconnus universellement ;
- Préparer les élèves à la vie dans une société démocratique où ils auront à se prendre en charge et à s’assumer tout en respectant autrui ;
- Développer et renforcer les valeurs de la culture nationale et de la civilisation universelle ;
- Contribuer à développer chez les élèves la recherche de l’excellence ;
- Favoriser le développement des connaissances et des compétences dans les domaines des sciences, de la technologie, des lettres, des arts et de l’économie ;
- Rechercher les modes d’organisation et de fonctionnement les plus efficaces et les plus efficaces possibles.

Les missions de l’enseignement secondaire général et technologique : il a pour missions de :

- Préparer les jeunes à la poursuite d’études universitaires de haut niveau ;
- Développer des attitudes qui favorisent l’acquisition des connaissances et leur intégration ;
- Développer l’aptitude à analyser, synthétiser, évaluer et juger ;
- Faire parvenir les élèves à l’autonomie de jugement ;
- Renforcer le sentiment d’appartenance à une nation et à une civilisation plusieurs fois millénaires, développer et renforcer l’amour de la patrie ;
- Développer et renforcer les valeurs spirituelles authentiques ;
- Faire acquérir les habiletés et les attitudes nécessaires pour répondre aux exigences d’études universitaires de haut niveau ;
- Inculquer et développer l’amour du travail bien fait, la recherche de la minutie et le goût de la perfection ;
- Développer l’esprit civique, le respect de l’environnement et du bien public ;
- Développer des attitudes de respect d’autrui.

Les objectifs généraux de l’enseignement secondaire général et technologique

Ils peuvent être classés en quatre grandes catégories:

*Objectifs d’éducation générale :

- L'éveil de la personnalité : curiosité, pensée critique, créativité, autonomie,
- L'aspect socialisation : coopération, communication,
- L'acquisition de connaissances : une culture générale et connaissances fondamentales solidement intégrées et mobilisables pour "apprendre à apprendre" en évitant l'aspect encyclopédique.

*Objectifs de méthode:

Les méthodes générales de travail: travail personnel, en groupe, enquête, projet, documentation, les méthodes pour favoriser le savoir-faire et la compréhension, les méthodes spécifiques des disciplines, en particulier celles de la pensée scientifique.

*Objectifs de maîtrise des différents langages:

- Maîtrise de la langue nationale,
- Connaissance et maîtrise, au moins, de deux langues étrangères,
- Langages artistiques et informatiques,
- Langage mathématique.

*Objectifs de la formation scientifique et technologique :

- Développer la curiosité, le goût de l'investigation scientifique, l'esprit de créativité et d'initiative,
- Comprendre les méthodes scientifiques,
- Recourir à des approches expérimentales pour éprouver des hypothèses,
- Employer un langage simple et concis pour expliquer et évaluer les faits.²⁷

II.2.2.4 Le fonctionnement des lycées:

II.2.2.4.1 Qui fait quoi au lycée ?

L'équipe de direction

Elle est constituée :

- Du chef d'établissement
- Du chef d'établissement adjoint (en fonction de la taille du lycée)

²⁷ <http://www.education.gov.dz/fr/systeme-educatif-algerien/>

- D'un adjoint gestionnaire chargé de seconder le chef d'établissement dans ses fonctions de gestion matérielle, financière et administrative
- le cas échéant, du chef de travaux

Le conseil d'administration

Il est composé de 30 membres:

- 1/3 de représentants du personnel de l'établissement
- 1/3 de représentants des parents d'élèves et des élèves
- 1/3 de représentants des collectivités territoriales, de l'administration de l'établissement et de personnalités qualifiées

Le Conseil d'administration règle, par ses délibérations, les affaires de l'établissement et fixe notamment le projet d'établissement, les règles d'organisation et le budget.

Les équipes pédagogiques

Elles sont constituées par classe et ont notamment pour mission de favoriser la concertation entre les enseignants, d'assurer le suivi et l'évaluation des élèves et d'organiser l'aide au travail personnel. Les équipes pédagogiques constituées par discipline favorisent les coordinations nécessaires entre les enseignants.

Le conseil de classe

Il examine les questions pédagogiques intéressant la vie de la classe et se prononce sur les conditions dans lesquelles se poursuit la scolarité de chaque élève. Il est présidé par le chef d'établissement et composé :

- des enseignants
- de deux délégués de parents d'élèves
- de deux délégués des élèves
- du conseiller principal d'éducation
- du conseiller d'orientation
- éventuellement du personnel médico-social
- Le comité d'éducation à la santé et à la citoyenneté :

Dans le second degré, le comité d'éducation à la santé et à la citoyenneté (CESC) a quatre missions :

- contribuer à l'éducation à la citoyenneté ;

- préparer le plan de prévention de la violence ;
- proposer des actions pour aider les parents en difficulté et lutter contre l'exclusion ;
- définir un programme d'éducation à la santé et à la sexualité et de prévention des comportements à risques.

C'est dans une continuité éducative que doivent être engagées des actions permettant aux élèves de développer des comportements de responsabilité individuelle, collective, morale et civique en faisant appel à la sensibilité, à la conscience et à l'engagement de chacun.

Les modalités d'action doivent s'articuler avec les objectifs de connaissances et de compétences pour la maîtrise du socle commun, notamment celles du domaine 3 « la formation de la personne et du citoyen », les enseignements disciplinaires et interdisciplinaires ainsi que les différents parcours éducatifs mis en œuvre, plus particulièrement le parcours éducatif de santé et le parcours citoyen.

Les actions s'inscrivent également dans une démarche de coéducation avec les parents et la mise en œuvre d'alliances éducatives.

- L'assemblée générale des délégués des élèves

Dans chaque classe sont élus deux délégués des élèves. Leur réunion forme l'assemblée générale des délégués et est présidée par le chef d'établissement.

- Les représentants des élèves au lycée

Le conseil des délégués pour la vie lycéenne (CVL) est composé de dix lycéens élus. Dix représentants des personnels et des parents d'élèves y assistent à titre consultatif. Ce conseil donne son avis notamment sur l'organisation du temps scolaire, du travail personnel, l'information sur l'orientation, la santé. Le conseil est réuni au moins trois fois par an.

Au lycée, chaque classe a des délégués de classe. Ils sont les porte-paroles de tous les élèves auprès des enseignants et des autres adultes de l'établissement.

- Les parents d'élèves

Les parents sont des membres à part entière de la communauté éducative. Le dialogue avec les enseignants et autres personnels de chaque école est assuré. Les représentants de parents d'élèves participent aux conseils de classe et d'administration des établissements.

- Conseils pratiques aux parents
- Le rôle et la place des parents au collège
- Les élections des représentants des parents d'élèves

II.2.2.4.2 Ressources financières et gestion

Les lycées sont financièrement autonomes. L'État assure la rémunération du personnel autre que technicien, ouvrier et de service et de certaines dépenses pédagogiques. Les lycées ont leur propre budget, voté par le Conseil d'administration et contrôlé par la collectivité territoriale, l'académie et le préfet. L'agent comptable et le chef d'établissement sont responsables de l'exécution du budget.

Le contrôle administratif et financier des établissements relève de compétences croisées :

- des autorités académiques (recteur et directeur des services départementaux de l'éducation nationale)
- du préfet de région
- du conseil régional pour les lycées
- de l'inspection générale de l'administration de l'éducation nationale et de la recherche (IGAENR)
- de la Chambre régionale des comptes.²⁸

II.2.3 La qualité environnementale des établissements scolaires

II.2.3.1 Les paramètres qualitatifs environnementaux des établissements scolaires

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

C'est pour cette raison que la santé et le bien être des utilisateurs d'équipements scolaires, sont les principaux objectifs de la qualité environnementale. En effet, un bâtiment est, avant tout, destiné pour ceux qui y travaillent ou y étudient, sa qualité environnementale ne dépend pas

²⁸ <https://www.education.gouv.fr/le-lycee-41642>

uniquement des conditions thermiques, visuelles et acoustiques. Il y a d'autres paramètres qui entrent en ligne de compte tels que :

- ✓ Volume de l'espace, proportions spatiales formes des limites ;
- ✓ Aménagements intérieurs, mobilier ;
- ✓ Hygiène, gestion des déchets ;
- ✓ Densité d'occupation de l'espace ;
- ✓ Matériaux et techniques de construction utilisées ;
- ✓ Disposition des espaces, fonctionnement ;
- ✓ Mesures de sécurité, protection contre toute source de danger²⁹.

II.2.3.2 Relation entre la qualité environnementale des établissements scolaires et l'efficacité éducative

L'établissement scolaire incarne l'unité de base de production d'un système éducatif, il doit être conçu comme un vecteur de bien-être, un lieu d'identification, car il abrite des enfants qui y font l'apprentissage de leur vie de citoyens. La qualité de son architecture est déterminante pour la qualité de la vie scolaire qui s'y déroule. Son aménagement et son environnement ont un impact direct sur les progrès scolaires. Il est donc important que ces bâtiments soient exemplaires du point de vue de l'utilisation des ressources fossiles, des rejets polluants, de la qualité des matériaux, sans oublier la qualité de vie et le niveau de confort.

Nous partageons l'idée que l'architecture joue un rôle dans l'efficacité éducative par l'assurance d'un confort visuel, acoustique, thermique qui n'échappe pas la concentration de l'élève au court de l'apprentissage.

La phase de conception d'un établissement scolaire est prépondérante, elle consiste, suite à des études architecturales et techniques intégrant les recommandations déjà formulées dans le programme par le maître de l'ouvrage, en la présentation d'un projet détaillé sous forme de documents graphiques et écrits. Bien qu'il existe plusieurs façons d'architecturer un projet, l'essentiel et le plus important aujourd'hui est de concevoir des établissements scolaires respectueux de l'environnement, offrant le maximum de confort aux futurs utilisateurs tout en préservant les ressources naturelles non renouvelables, il est aussi important de prévoir des espaces éducatifs susceptibles d'être adaptés à de nouveaux usages éventuels imposés par la modernisation de l'enseignement. ,

²⁹Architecture scolaire, université de Biskra, PDF, p.119

« Comme règle générale, la conception de l'école devrait pouvoir fournir un environnement éducatif approprié pour apprendre. Ainsi le rapport des différents éléments de l'école devrait être clairement défini. La conception d'école est la conséquence de l'organisation de ces éléments sur un emplacement donné selon le type du rapport entre les différents éléments. Un bon environnement éducatif peut être obtenu par une bonne organisation organique de l'espace (AÏCHE, 1987).

En effet, la qualité environnementale offerte par un bâtiment scolaire résulte en premier lieu de sa conception architecturale. L'architecte qui laisse à l'ingénieur ou au technicien spécialiste en chauffage, ventilation, climatisation, éclairage, ou acoustique, le soin d'assurer la qualité de l'environnement intérieur, perd le contrôle de l'intégration, et prend le risque que son œuvre soit dénaturée par les contraintes techniques.

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

- ✓ L'organisation spatiale ;
- ✓ L'insertion du projet dans son environnement ;
- ✓ Le choix du parti architectural ;
- ✓ L'orientation des constructions ;
- ✓ La flexibilité des espaces.

Pour assurer un bon lieu de travail pour les enseignants et un bon lieu d'apprentissages aux élèves. Un établissement scolaire doit assurer les confort, visuelle et acoustique.³⁰

II.2.3.2.1 Confort visuelle

Le confort visuel, est une condition très importante pour un établissement d'enseignement, est à prendre en compte dès l'amont du projet, son principal objectif est de fournir des conditions d'éclairage suffisantes pour exercer les activités scolaires, tout en offrant un environnement lumineux confortable, stimulant et attrayant. Bien que l'éclairage naturel procure une meilleure qualité de lumière, tant au niveau physiologique que psychologique, qu'un éclairage artificiel, l'utilisation de la lumière naturelle combinée à un éclairage artificiel performant sont les bases pour une utilisation rationnelle de l'énergie électrique. L'éclairage artificiel doit donc être considéré comme le complément de la lumière naturelle.

³⁰Architecture scolaire, université de Biskra, PDF, p.121

En effet, la lumière naturelle est le mode d'éclairage le plus agréable, le plus performant et le plus économique. Dans l'approche environnementale des bâtiments scolaires, l'éclairage naturel est considéré comme un atout très important, non seulement par les économies d'énergie qu'il dégage en limitant la couverture des besoins par de l'éclairage électrique, mais aussi et surtout, par la qualité de la lumière, le rendu des couleurs et l'agrément des vues sur l'extérieur qu'il fournit.

Il est tout à fait admis que d'un mauvais éclairage peut résulter une fatigue, un manque d'attention d'où une perte d'efficacité. Me (SAFFIDINE, 2001), dans sa thèse de doctorat intitulée « Le problème de l'ensoleillement dans les salles de classe des nouvelles écoles à Constantine » est arrivé à la conclusion selon laquelle l'inconfort visuel résultant du soleil incident affecte le déroulement normal des activités scolaires, perturbe la concentration de l'apprenant et peut même inhiber sa tâche visuelle et lui causer des troubles visuels sérieux. Ainsi les résultats scolaires et le développement physique peuvent-être affectés de façon importante par le type de lumière utilisée dans les écoles.

C'est ainsi, que la reconnaissance d'effets bénéfiques de la lumière naturelle sur les rythmes biologiques et sur la vigilance à été confirmé par le psychologue (Hathaway, 1994) qui, tout en confortant et développant les recherches antérieures, précise que l'éclairage à spectre complet conduit à un apprentissage plus rapide, une meilleure santé et une croissance plus forte que les autres types de lumière communément utilisées. Il a pu découvrir dans ses recherches, que les notes s'amélioraient de 26% en lecture et de 20% en mathématiques dans les salles de classe éclairées par la lumière naturelle.

Le confort visuel dépend d'une combinaison de paramètres physiques à savoir ; l'éclairage ; la luminance, le contraste, l'éblouissement et le spectre lumineux,

auxquels s'ajoutent les caractéristiques propres de l'environnement et à la tâche visuel à accomplir. Le confort visuel relève également de facteurs physiologiques liés à l'individu.

La caractéristique la plus importante quantifiant la qualité de l'éclairage et l'éclairage dont la valeur à atteindre dans un local est fonction du type de local et de la tâche qui est réalisée.³¹

³¹Architecture scolaire, université de Biskra, PDF, p.122 ,123.

Les niveaux minimum (éclairagements moyens à maintenir)	
Classe à aménagement fixe	300 à 500 lux (au niveau du plan de travail)
Classe à aménagement variable	300 à 500 lux (au niveau du sol)
Tableau	500 à 700 lux, (à 1,20 m de hauteur)
laboratoire	425 à 625 lux
Bibliothèque	250 à 500 lux
Salle de dessin	625 lux
Salle de réunion	300 750 lux
Couloire et escalier	100 à 200 lux
Sanitaire	150 à 300 lux

Tableau 1: Les niveaux minimum (éclairagements moyens à maintenir)

Source : Architecture scolaire, université de Biskra, PDF.

II.2.3.2.2 Confort acoustique

Le confort acoustique a une forte influence sur la qualité de vie des utilisateurs, dans certains cas, il ne s'agit plus de confort, mais tout simplement de santé : c'est le cas évidemment des ateliers des lycées techniques et des restaurants scolaires où les niveaux de bruit que l'on y rencontre souvent mettent en péril les facultés auditives des écoliers pour l'avenir. Les orthophonistes et les audiologistes ont mainte fois mis en garde contre les troubles d'apprentissage liés au bruit dans les salles de classe présentant une mauvaise acoustique.

Dans l'approche qualitative environnementale pour les établissements d'enseignement, il est indispensable de prendre en considération la sonorité du local dans lequel se trouve l'utilisateur : une salle de classe doit être correctement isolée de la classe voisine, mais sa sonorité propre doit être telle que l'enseignant puisse se faire entendre de ses élèves sans forcer constamment la voix et les élèves doivent percevoir un message non brouillé par de multiples échos provoqués par une trop grande réverbération des parois.

Les résultats d'études récentes sur les effets physiologiques et psychologiques que peut entraîner une exposition de longue durée à un environnement bruyant, ont démontré que les nuisances sonores provoquent une baisse d'attention chez l'apprenant, accroissent la fatigue et peuvent conduire à un excès de nervosité, voire à des dépressions, d'où une réduction des performances intellectuelles et diminution de la productivité. Une perturbation dans la qualité de l'environnement sonore peut alors réduire l'efficacité de la tâche d'apprentissage.

Dans le domaine du bâtiment d'une façon générale, l'approche du confort acoustique est fortement marquée par l'approche réglementaire qui, même si elle ne néglige pas les autres aspects, privilégie les différentes exigences d'isolement acoustique (aux bruits aériens intérieurs ou extérieurs, aux bruits d'impact ou aux bruits d'équipement (BORNAREL et al, (1999)).

Il est important de mentionner que les niveaux sonores, au maximum admis au voisinage immédiat d'établissement d'enseignement d'une façon générale est de 45 dB en période diurne (de 6 heure à 22 heure) et de 40 dB en période nocturne. Le niveau de 65dB(A) (le jour) est souvent considéré comme seuil de gêne et de fatigue.

Pour répondre favorablement aux meilleures conditions de confort acoustique à l'intérieur des espaces d'enseignement l'architecte doit apporter toute son attention aux différentes nuisances dues aux bruits pouvant provenir :

- ✓ Des bruits aériens intérieurs ;
- ✓ Des bruits aériens extérieurs ;
- ✓ Des bruits d'impacts sur les parois ;
- ✓ Des bruits d'équipements.

Lorsque la source du son et le récepteur sont dans le même local, l'insonorisation se fait par correction acoustique (absorption du son). Lorsqu'ils sont dans deux locaux différents, elle se fait par isolation acoustique.

La prise en compte des contraintes du lieu, en amont de la conception, permettent de répondre favorablement aux attentes des usagers avec des solutions pragmatiques. Pour obtenir un confort acoustique de qualité, doit :

- ✓ Eloigner, autant que possible, les établissements scolaires des sources de bruit comme les voies à grande circulation, les aéroports et les installations industrielles ;
- ✓ Etudier l'implantation, l'orientation et la configuration des bâtiments en fonction des sources de bruits repérées ;
- ✓ Prévoir éventuellement des écrans antibruit ;
- ✓ Renforcer l'isolation acoustique au niveau des murs et des planchers ;

- ✓ Utiliser des matériaux assurant une correction acoustique performante.³²

Conclusion :

Nous constatons donc qu'à l'initiative de l'association HQE et de ses partenaires, la Haute Qualité Environnementale (HQE) a fait l'objet d'une définition précise en 14 cibles, et plus récemment de certifications dans le logement et le tertiaire.

Cette démarche de construction durable, moins avancée dans quelques pays, porte essentiellement sur des bâtiments de logements et des équipements publics.

Le bâtiment scolaire est le lieu de vie quotidien de milliers d'élèves et de leurs professeurs, il a toujours assumé une fonction politique, sociale et pédagogique.

Aujourd'hui, il faut penser à la conception d'un établissement scolaire qui s'éloigne peu à peu de son modèle initial, c'est-à-dire celui de la caserne ou celui du couvent.

³²Architecture scolaire, université de Biskra, PDF, p.124, 125.

Partie analytique

III. Analyse des exemples labellisés en HQE, cas d'étude

Introduction :

Dans ce chapitre nous essayons d'analyser deux exemples labellisés en HQE qui vont nous servir de point de référence au niveau de programmation, de fonctionnement, et bien évidemment de techniques constructives considérées comme HQE.

III.1 Lycée de Carquefou

III.1.1 Présentation

Le lycée de Carquefou, construit et financé par la Région des Pays de la Loire, accueille depuis la rentrée 2017 ses premiers élèves. Ce nouvel établissement répond à la forte poussée démographique du nord-est de l'agglomération nantaise.³³



Figure 21: entrée principale du lycée de Carquefou

Source : Laurence Guim, 2013, Présentation du projet architectural du futur lycée de Carquefou

Fiche technique du projet :

Type de programme : Enseignement

- Lycée de 910 élèves extensible à 1000
- Internat de 60 lits extensible à 80 (démarche de design résidentiel)
- Restauration pour 800 rationnaires
- Création de 8 logements de fonction

³³ Soprema entreprises, 2017, *CARQUEFOU (44) INAUGURE UN NOUVEAU LYCÉE FUTURISTE 100% ENERGIES RENOUVELABLES LABELLISÉ BEPOS*, Carquefou, p.01

- Localisation : Carquefou

Labellisation-certification : NF HQE Bâtiments Tertiaires

- BEPOS Effinergie plus 2013

Techniques constructives :

- Structure béton (lycée) + ITE avec bardage bois et métal
- Ossature bois (logements de fonction)³⁴

III.1.2 Situation

Le projet se situe au nord-est de Nantes. Il est implanté sur la zone sud de la plaine de jeux de la Mainguais, à Carquefou. Dans une assiette d'environ 3hectars de superficie avec une réinterprétation de la nature environnante afin de s'insérer le projet dans son contexte.³⁵

Le site est entouré par des quartiers résidentiels ce qui lui assure le maximum du développement socio-éducatif.

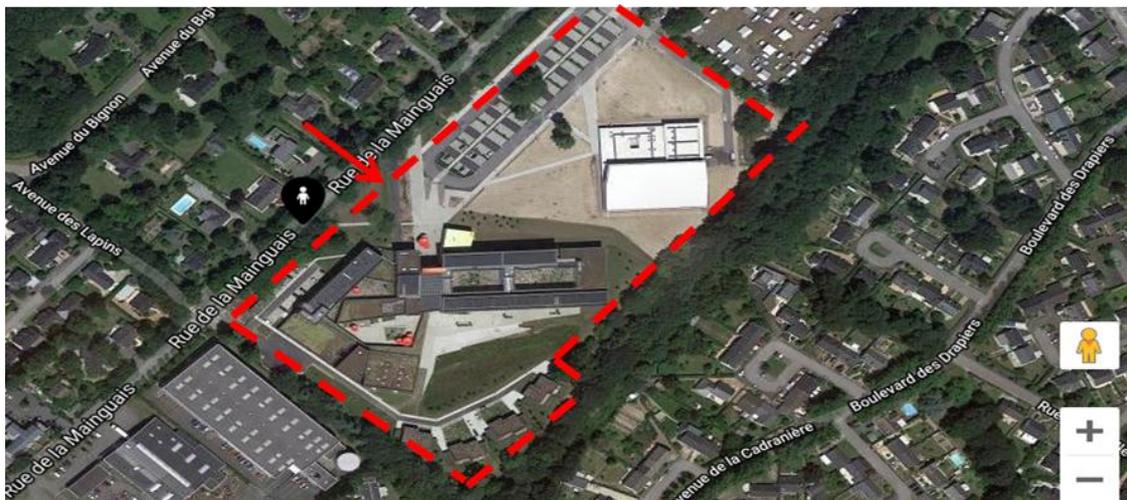


Figure 22 : situation du lycée de Carquefou

Source : Google maps, 2019, réadapté par l'auteur

III.1.3 Plan de masse

Le lycée est implanté sur la parcelle allouée selon Les principes du bioclimatisme favorisant les orientations nord-sud qui permettent de bénéficier pleinement des apports solaires passifs.

³⁴ Novabuild entreprise, 2016, *Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou*, Région pays de la Loire.

³⁵<https://www.lemoniteur.fr/article/un-lycee-bepos-100-energies-renouvelables-a-carquefou.1106969>

Les locaux d'enseignement sont eux repérables sur la partie nord-est de la parcelle et se développent autour de deux patios (bénéficiant de l'éclairage et la ventilation naturelle)



Figure 23: plan de masse du lycée

Source : Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou, réadapté par l'auteur

III.1.4 Composition volumétrique

Le bâtiment se laisse à lire comme un volume simple, allongé, homogène, dessinant une enceinte de bois brute et rugueuse.

Aux endroits stratégiques d'accès, cette enceinte s'ouvre grâce à l'extrusion de volumes colorés, lisses et brillants en contraste (haut, bas, longs, étroits)

Les longs toits inclinés, recevant les panneaux photovoltaïques hybrides permettent de rabaisser les volumes à une échelle humaine.



Figure 24: la vue globale du projet de lycée de Carquefou

Source : Laurence Guim, 2013, Présentation du projet architectural du futur lycée de Carquefou réadapté par l'auteur

III.1.5 Etude de l'intérieur

Ce futur lycée se composera de locaux ouverts sur le territoire comme la salle polyvalente (240 places), le service restauration (capacité 800 rationnaires), la résidence d'hébergement (60 places extensible à 80) et de locaux plus spécifique à l'établissement tels que les locaux d'enseignement, la vie scolaire, le CDI, le pôle santé social, les espaces de rencontre des enseignants et l'administration. 8 logements de fonction sont également réalisés sur le site.

Le rez-de-chaussée se compose d'une variété d'espaces conçus pour faciliter l'activité principale de ce bâtiment avec une disposition linéaire des locaux d'enseignements dans une partie, de l'autre partie de la conception se trouve tout ce qui restauration, logistique, administration, espace enseignant... etc.

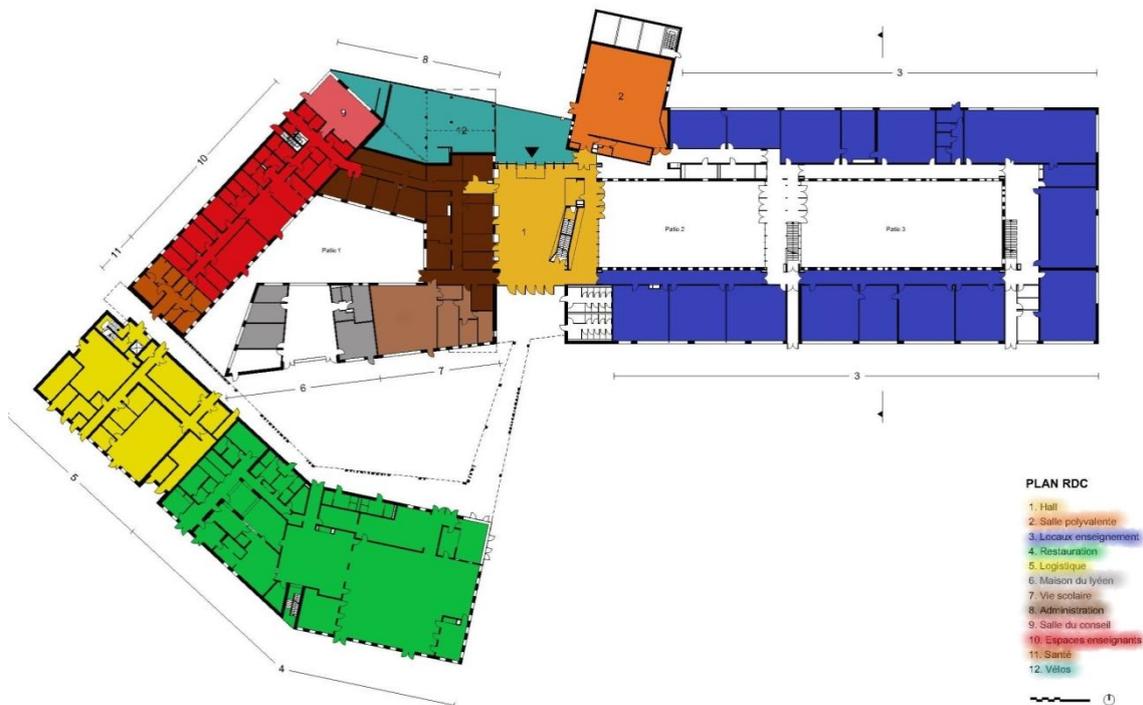


Figure 25: plan du rez de chaussé du lycée

Source : Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou, réadapté par l'auteur

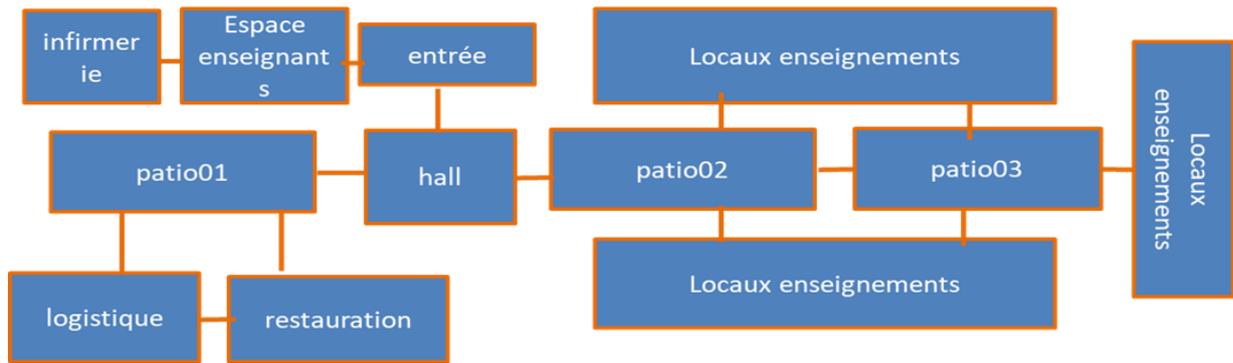


Figure 26 : organigramme spatial du RDC (source : auteur)

Le premier étage contient seulement des locaux d'enseignements dans la première partie, dans l'autre partie se trouve le CDI, l'internat et le local technique. Le reste de ce niveau représente un espace non aménagé

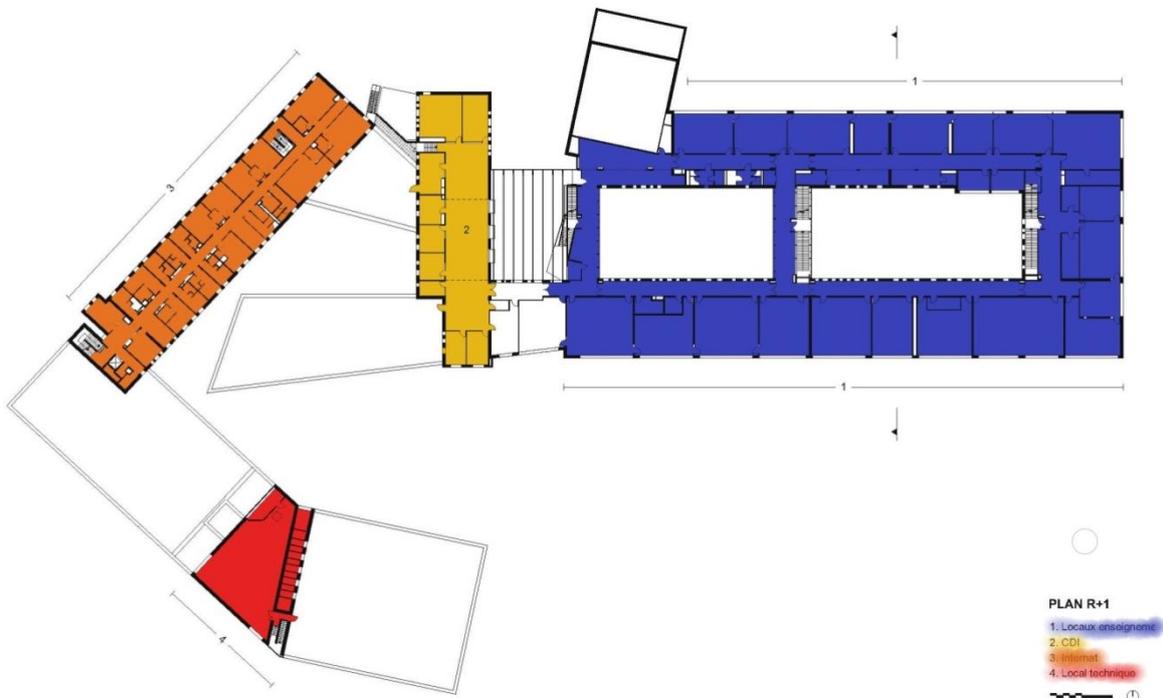


Figure 27 : plan du premier étage du lycée

Source : Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou, réadapté par l'auteur

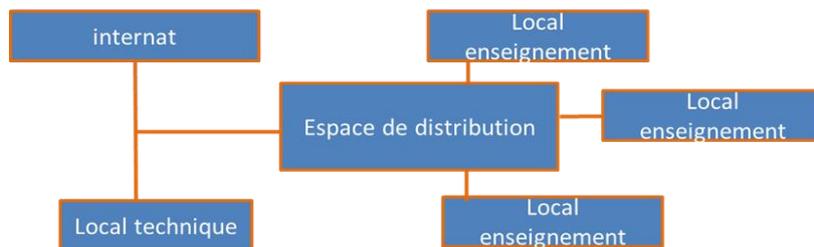


Figure 28: organigramme du 1er étage (Source : auteur)

III.1.6 Façades

Façades Pantone

Côté façades, une façade principale en mouvement, composée de plusieurs formes accolées et légèrement différentes dans une continuité aperçue. Cette continuité est cassée dans le point d'entrée par la présence d'un petit volume qui est placé en extrémité pour dégager l'entrée

Les volumes singuliers se parent de panneaux de bardage métallique, lisses, brillants, aux couleurs vives et chatoyantes. Dégradés de rouge, bleu et jaune-vert aux accents futuristes.

Ce ne sont pas moins de 21 couleurs Pantone qui ont été choisies par l'architecte et qui se marient avec le bardage de bois qui habille les linteaux et les allèges le long des bandeaux de fenêtre des bâtiments principaux. Au total, le lycée intègre 477 m³ de bois (bardage, charpente, logements à ossature bois, etc.).

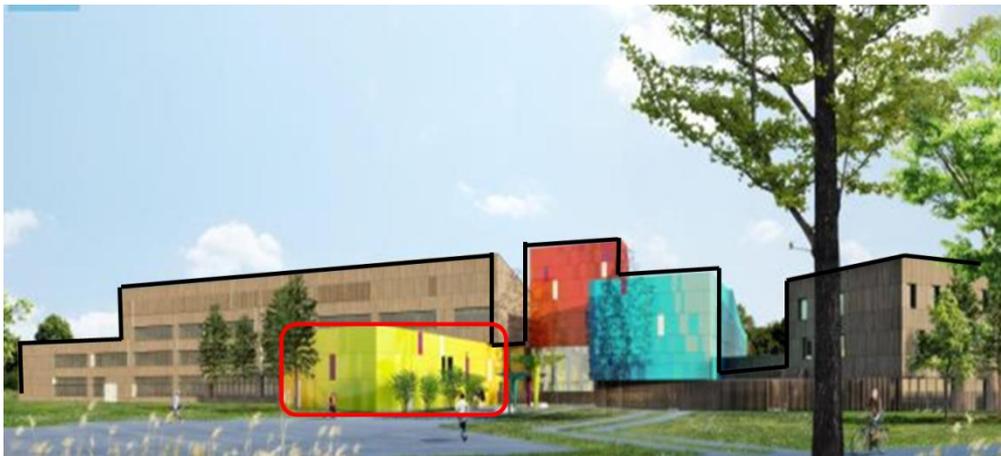


Figure 29: façade principale du projet

Source : Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou, réadapté par l'auteur.

III.1.7 Techniques constructives

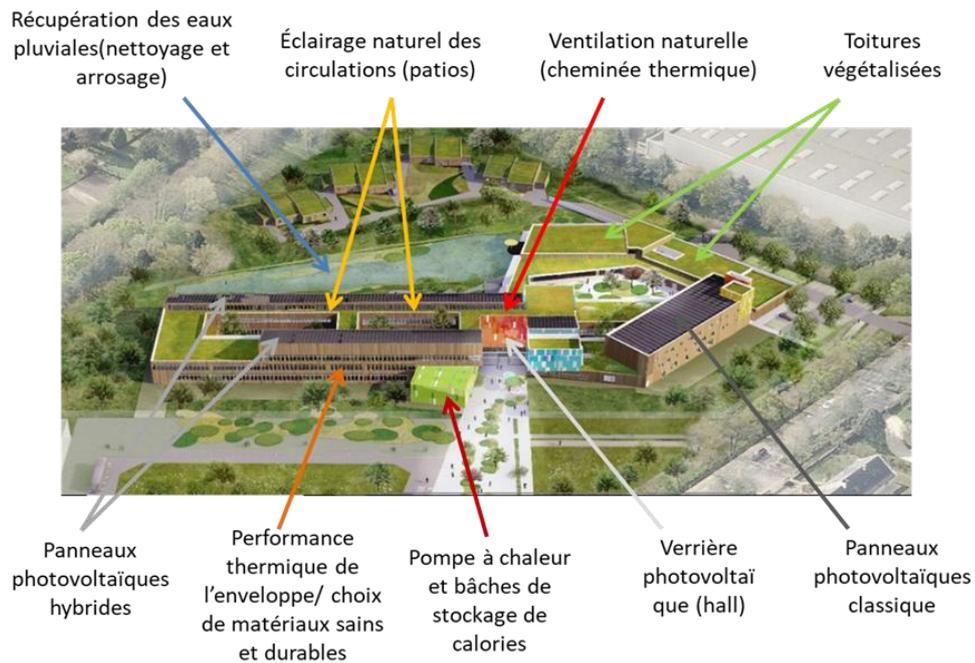


Figure 30: les différentes techniques constructives du projet

Source : Soprema entreprises, 2017, CARQUEFOU (44) INAUGURE UN NOUVEAU LYCÉE FUTURISTE 100% ENERGIES RENOUVELABLES LABELLISÉ BEPOS, Carquefou réadapté par l'auteur

III.1.7.1 Eco-construction



Figure 31: plan de masse bioclimatique

Source : Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou.

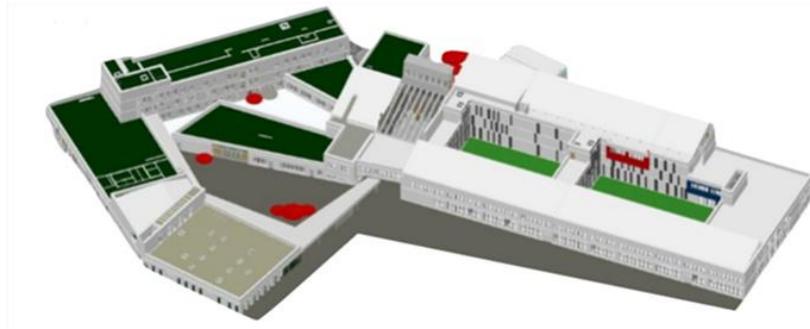


Figure 32: les toitures végétalisées

Source : Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou, Région pays de la Loire.



Figure 33: toitures légères inclinées au sud pour le photovoltaïque

Source : captée d'après une vidéo youtube

Matériaux:

Les façades à structure béton sont recouvertes et isolées par l'extérieur avec bardage métallique ou bois.

Ce bardage en bois provient de forêts gérées durablement.



Figure 34: bardage en bois certifiés PEFC

Source : Soprema entreprises, 2017, CARQUEFOU (44) INAUGURE UN NOUVEAU LYCÉE FUTURISTE 100% ENERGIES RENOUVELABLES LABELLISÉ BEPOS, Carquefou

III.1.7.2 Eco gestion

➤ Gestion de l'énergie:

Les architectes ont abordé la performance énergétique du bâtiment en deux temps:

Le premier a consisté à réduire les besoins à leur strict minimum par un travail intelligent d'orientation, d'enveloppe et de stratégies passives, reposant sur des principes bioclimatiques.

Le deuxième temps a été celui de la production de l'énergie nécessaire aux besoins résiduels.

Le lycée est chauffé à 100 % par les énergies renouvelables:

Sur le projet cohabitent trois types de panneaux photovoltaïques.

- Outre le champ de 1 037 m² de panneaux hybrides.
- le hall d'entrée est coiffé d'une verrière photovoltaïque de 150 m²
- la toiture-terrasse de l'internat porte environ 500 m² de panneaux PV classique.



Figure 35: les panneaux hybrides des toitures des blocs d'enseignement

Source : Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou.

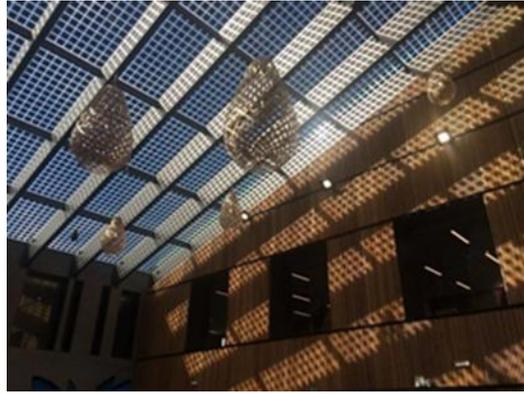


Figure 36: verrière photovoltaïque du hall d'entrée

Source :Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou.



Figure 37: panneaux PV classique des toitures terrasses de l'internat

Source :Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou.

➤ Gestion de l'eau:

Un système de récupération de l'eau pluviale (30 m³) a été prévu pour le nettoyage, l'arrosage et les chasses d'eau des toilettes (ce qui permet de réduire de 44% les besoins de l'établissement en eau potable).



Figure 38: zone de récupération des eaux pluviales derrière les blocs d'enseignement



Figure 39: bâche à eaux pour la récupération d'EP (30 m3)

Source :Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou, réadapté par l'auteur

III.1.7.3 Confort

- confort hygrothermique:
 - 2 300 m² d'isolation en laine de verre ont été posés en 2 couches de 100 mm pour une résistance thermique performante de l'enveloppe
 - Cheminée thermique pour la ventilation naturelle du hall



Figure 40: l'isolation thermique des parois

Source :Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou.



Figure 41: la cheminée thermique du hall d'entrée en rouge

Source :captée d'après une vidéo youtube

➤ **Confort visuel:**

- Protections solaires extérieures au sud et à l'ouest
- Gestion de la lumière naturelle



Figure 42: des étagères à lumière de la partie sud du projet

Source : Soprema entreprises, 2017, CARQUEFOU (44) INAUGURE UN NOUVEAU LYCÉE FUTURISTE 100% ENERGIES RENOUVELABLES LABELLISÉ BEPOS, réadapté par l'auteur



Figure 43: gestion de la lumière naturelle à l'intérieur des salles de classes

Source : Soprema entreprises, 2017, CARQUEFOU (44) INAUGURE UN NOUVEAU LYCÉE FUTURISTE 100% ENERGIES RENOUVELABLES LABELLISÉ BEPOS, réadapté par l'auteur

III.1.7.4 Santé hygiène

- ✓ Nettoyage des réseaux de ventilation avant livraison
- ✓ Mesures des champs électromagnétiques à la livraison
- ✓ Analyses d'eaux à la livraison
- ✓ Protection du réseau de récupération EP
- ✓ Classement A+ de tous les produits en contact avec l'air intérieur

Synthèse

Ce lycée avec sa conception et sa réalisation s'inscrivent dans le cadre des établissements respectueux de l'environnement

Il présente de nombreuses techniques remarquables dans le domaine de la haute qualité environnementale mais il se distingue surtout par la maîtrise de sa perte de chaleur et sa faculté à pouvoir produire plus d'énergie qu'il n'en consomme.

III.2 Lycée Jean Jaurès (pic saint loup)

III.2.1 Présentation du projet

C'est en 1999, sur la base d'une analyse mettant en avant la nécessité d'une « région plus propre et conforme à la protection de l'environnement », que la Région de Saint-Clément-de-Rivière, au nord de Montpellier s'est décidée à mettre en œuvre un premier projet de lycée HQE en Languedoc Roussillon.

La conception du lycée se fonde sur trois objectifs:

- lier la forme à la stratégie climatique

- fusionner le bâtiment avec le terrain
- concevoir un édifice économe en coût de fonctionnement et d'entretien.



Figure 44: la vue générale du lycée Jean Jaurès

Source : MYLÈNE GLIKOU, HQE® : démarche et enjeux - Lycée dans l'Hérault Un établissement scolaire respectueux de l'environnement-, construction moderne/ N ° 1 2 3

Le projet en bref

- Lycée Jean Jaurès – zone Saint Sauveur – Saint Clément de Rivière
- Capacité: 1400 élèves
- Surface du bâti: 15000 m²
- Intervenants:
- Maître d'ouvrage: région Languedoc Roussillon
- Maître d'œuvre: Pierre Toure, architecte / Serge Sanchi, chef de projet
- Consultant HQE: tribu³⁶

III.2.2 Situation

Le site qui accueille le lycée, lui-même ouvert en 2003, appartient à une zone d'activités périurbaine sur la commune de Saint Clément de Rivière au nord de Montpellier

Le terrain a une surface de 50000 m², est situé au sommet d'une colline de garrigue et de pins

³⁶ Agence Cim béton, *lycée Jean Jaurès – pic saint loup* -, paris.



Figure 45: situation du lycée Jean Jaures

Source : Google maps, 2019, réadapté par l'auteur

III.2.3 Plan de masse

Cette opération, Haute Qualité Environnementale, s'inscrit dans un site naturel au relief marqué s'ouvrant sur un paysage grandiose : le Pic St Loup.

Une implantation obéit aussi à une "stratégie climatique" qui vise à favoriser l'éclairage et la ventilation naturelle des locaux.

Quatre fins parallélépipèdes sont posés sur ce socle perpendiculairement à la pente.

En partie haute du terrain, se trouvent le restaurant, très ouvert sur le paysage, l'internat, le plateau sportif et les logements de fonction disséminés dans la garrigue avec des vues privilégiées sur le fameux Sommet du Pic Saint-Loup.

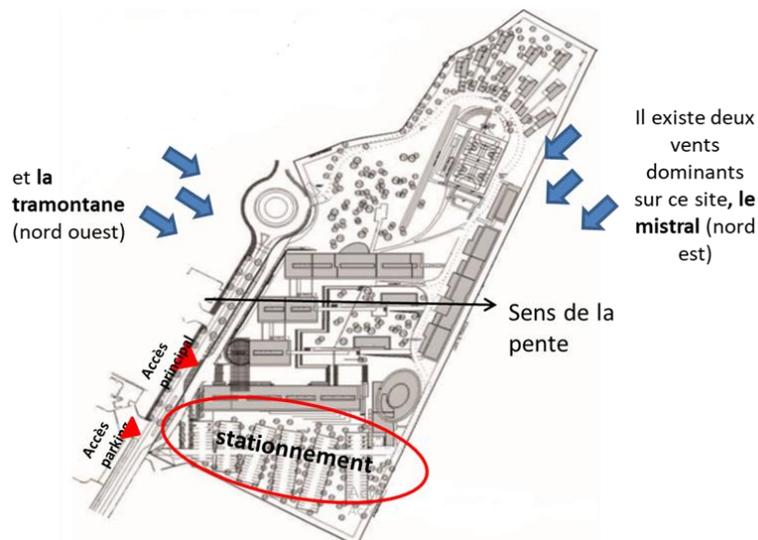


Figure 46: plan de masse du projet

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris, réadapté par l'auteur.

III.2.4 Composition volumétrique

L'architecte fragmente le programme en plusieurs entités pour éviter d'avoir un ensemble trop massif en volume et tire parti de la pente naturelle du terrain relativement importante descendant dans le sens est-ouest

Et donc poser les constructions sur le site rocheux sans bouleverser ce dernier.



Figure 47: la volumétrie (Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris.)

III.2.5 Plan de l'établissement



Figure 48: les principales entités fonctionnelles du lycée

Source :

A,B,C,D,E,F bâtiments d'enseignements

1 restaurant 2 internat 3 plateau sportif

4 cyber cafétéria 5 centre de documentation 6 Administration

III.2.6 Façades

Les façades montrent la texture de chaque niveau dans le bâtiment dont le rez-de-chaussée est réalisé par la pierre et le premier est en béton teinté en rouge et blanc.

Les façades est et ouest sont caractérisées par la discontinuité grâce à l'éclatement du projet dont les blocs sont décalés l'un par rapport à l'autre.

L'entrée principale dans la façade ouest est marquée par une ombrière constituée de panneaux colorés et de panneaux photovoltaïques



Figure 49: façade principale du projet

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris.

Toutes les façades sud des bâtiments d'enseignement sont équipées « d'étagères à lumière », associées aux larges débords de toiture en béton blanc.



Figure 50: les étagères à lumières des façades sud du lycée

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris, réadapté par l'auteur.

Par contre les façades nord ne contiennent aucune brise soleil.



Figure 51: façades nord du lycée sans aucune protection soleil

Source : MYLÈNE GLIKOU, HQE® : démarche et enjeux - Lycée dans l'Hérault Un établissement scolaire respectueux de l'environnement-, construction moderne/ N° 1 2 3

III.2.7 Techniques constructives

III.2.7.1 Eco construction

➤ **relation harmonieuse avec l'environnement:**

Une architecture en béton claire peinte aux couleurs locales, des formes planes harmonieusement posées sur la garrigue, respectueuses des courbes naturelles du terrain et alliées de la stratégie climatique des bâtiments. Telle une excroissance du terrain, cette réalisation est en osmose totale avec le site naturel.

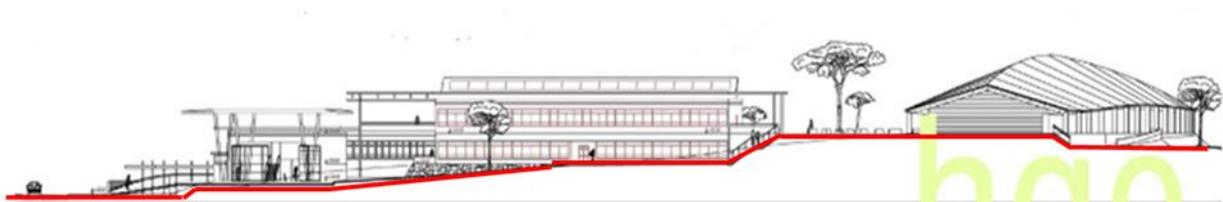


Figure 52: implantation du projet respectueuse aux courbes naturelles du terrain

Source : Agence méditerranéenne de l'environnement, construire un bâtiment respectueux de l'environnement, réadapté par l'auteur

➤ **Matériaux:**

Choisir des matériaux et composants à faible entretien:

Béton et pierre se fondent harmonieusement sur le site, répondant d'un point de vue pratique aux critères d'entretien et de durabilité, et d'un point de vue architectural aux exigences esthétiques et d'intégration au décor.



Figure 53: le béton et la pierre comme matériaux fondamentaux de construction du projet

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris.



Figure 54: l'utilisation du bois dans l'entrée principale

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris.

➤ **Chantier à faible nuisance:**

Ils ont fait une analyse des plans départementaux et locaux de gestion des. Ces plans locaux permettent de définir la gestion et les filières d'éliminations des déchets.



Figure 55 : chantier à faible nuisance

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris.

➤ **Déchets:**

Connaissance des filières d'évacuation des déchets avant l'installation du chantier.

Lors de la réalisation du chantier et pour le fonctionnement du lycée, Un tri sélectif des déchets (déchets laboratoires, déchets cuisine, déchets bureautiques...)

Santé hygiène

Les conditions sanitaires sont liées aux matériaux employés

III.2.7.2 Eco gestion:

➤ **gestion de l'énergie:**

Pas de projet HQE sans l'utilisation d'énergie renouvelables et parmi les objectifs de ce projet était la limitation de la puissance électrique. Alors qu'habituellement la puissance installée dans un lycée était de l'ordre de 800 kW, pour ce projet il était demandé de ne pas dépasser 160 kW.

1. Analyse et mesure des régimes de vent in situ, une campagne de mesure sur douze mois à 25m de hauteur pour vérifier le potentiel éolien du site:

- Adoption d'une ventilation mécanique qui équipe les locaux fumeurs, la restauration, la salle polyvalente ou les pièces à pollution spécifique.
- Partout ailleurs, il a été décidé de favoriser la ventilation hybride (très employée en Suisse avec une base mécanique simple flux et un appoint naturel par des dispositions architecturales, ou une ventilation entièrement naturelle mais simple.

- Implantation d'une éolienne d'une puissance de 10 à 20 kW
2. Audits énergétiques sur le parc des lycées de la région Languedoc-Roussillon. Ces audits permettent de positionner les consommations futures du lycée et de fixer les choix:
- Fourniture d'eau chaude solaire sous forme de capteurs solaires individuels disposés en toiture terrasse sur les logements de fonction
 - Equipement d'une installation photovoltaïque d'une puissance de 5 à 10kw de photopiles.³⁷

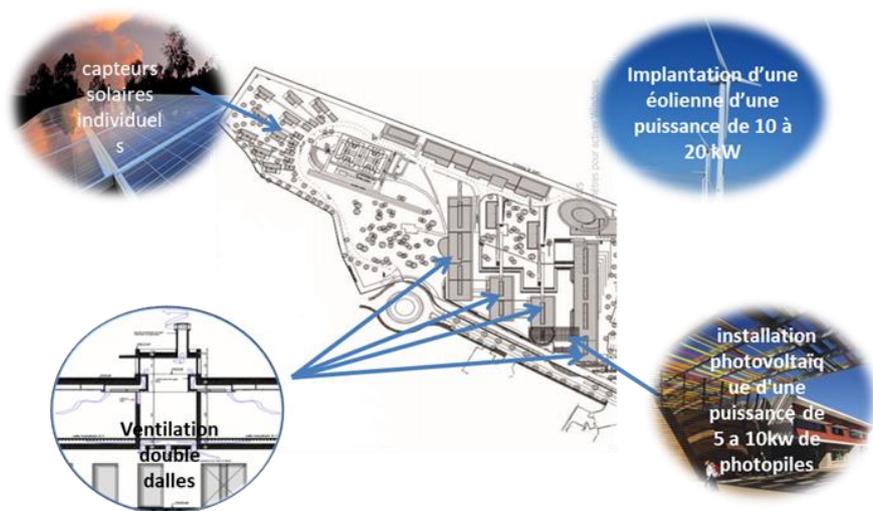


Figure 56: les différentes sources d'énergie renouvelable dans le projet

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris, réadapté par l'auteur.

➤ **gestion de l'eau:**

Audit eau sur le parc des lycées de la région Languedoc-Roussillon:

- Cet audit permet de positionner les consommations d'eau dans une fourchette à la fois exigeante et réaliste

Perméabilité des sols de la parcelle :

- Cette étude permet de vérifier la capacité d'un sol à absorber une pluie d'orage

III.2.7.3 Confort

➤ **Confort hygrothermique:**

³⁷ Agence méditerranéenne de l'environnement, *construire un bâtiment respectueux de l'environnement – retour d'expérience : le lycée HQE du pic saint loup réalisé par la région -, région Languedoc Roussillon.*

L'enjeu majeur est de répondre à l'objectif de confort thermique d'été. Pour ce faire, il s'agit de ne pas dépasser 28 °C dans les salles de classe au mois de juin et au mois de septembre, sans climatisation, pour une température extérieure de 33 °C.³⁸

Pour répondre à cet objectif La bonne orientation et la protection solaire sont des conditions indispensables, mais non suffisantes

À cela le rafraîchissement des locaux d'enseignement est assuré par un système de ventilation naturelle qui utilise l'inertie thermique du bâtiment grâce à un double plancher. L'air neuf circule entre ces deux dalles, puis traverse les classes avant d'être évacué en toiture par des tourelles à hélices activées par le vent.

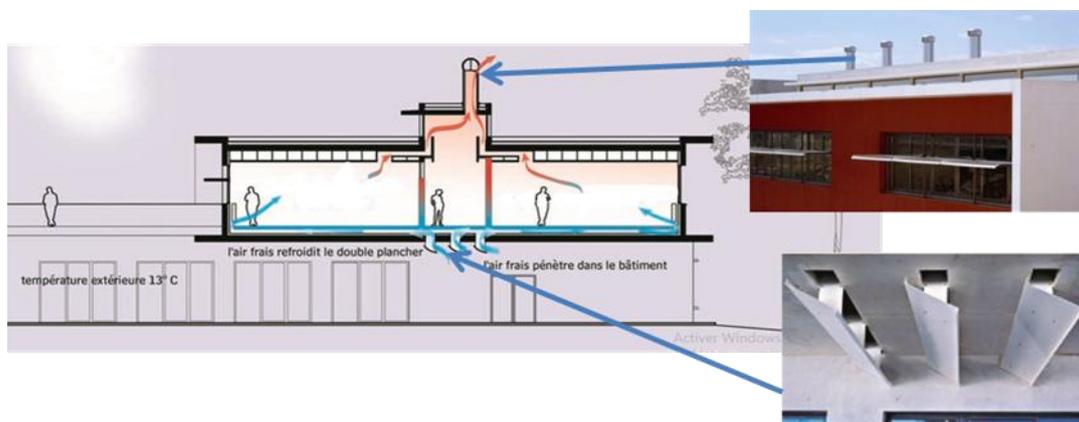


Figure 57: système de double planché pour la ventilation naturelle

Source : MYLÈNE GLIKOU, HQE® : démarche et enjeux - Lycée dans l'Hérault Un établissement scolaire respectueux de l'environnement-, construction moderne/ N ° 1 2 3 réadapté par l'auteur

➤ Confort visuel

Lors du concours, le programme demandait un facteur de lumière du jour de 2 (rapport d'éclairement naturel dans la partie la plus sombre de la classe et l'éclairement naturel à l'extérieur). Cet objectif a été ramené ensuite à 1,8. Le dimensionnement des baies vitrées découle de cette exigence. L'hiver, la lumière entre largement dans les salles de classes. L'été, elle est arrêtée par les débords de toiture et par des brise-soleil relevables.

Des impostes donnant sur les couloirs de circulation centrale permettent d'apporter un double jour aux salles de classe: un édicule vitré couvre les circulations et assure une prise de lumière sur les faces latérales.

³⁸ MYLÈNE GLIKOU, HQE® : démarche et enjeux - Lycée dans l'Hérault Un établissement scolaire respectueux de l'environnement-, construction moderne/ N ° 1 2 3 •15, P.21

Point négatif : problèmes d'éblouissement sur les salles de classe côté Sud, quand le soleil est très bas.



Figure 58: les brise-soleil relevables

Source : MYLÈNE GLIKOU, HQE® : démarche et enjeux - Lycée dans l'Hérault Un établissement scolaire respectueux de l'environnement-, construction moderne/ N° 1 2 3 réadapté par l'auteur

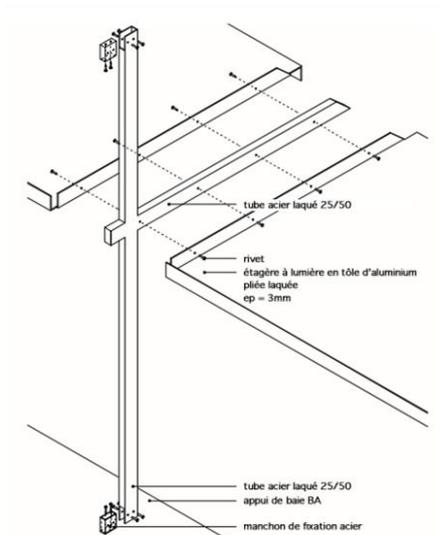


Figure 59: Système de fixation des étagères à lumière

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris.

➤ Confort acoustique

Le traitement acoustique des bâtiments d'enseignement et des circulations est fondamental. Le choix du béton, bien connu pour ses qualités d'isolant acoustique, allié à une conception particulièrement intelligente (caisson piège à son) procurent à cette réalisation un calme exemplaire propice au bien « apprendre »

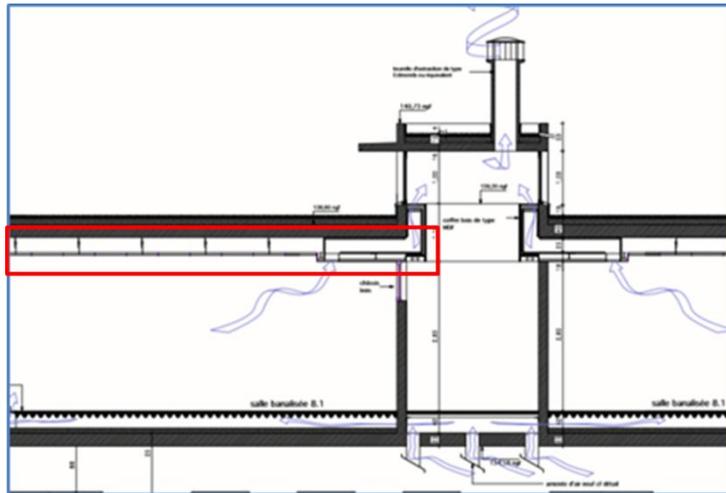


Figure 60: le système de la ventilation naturelle des salles de classe

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris, réadapté par l'auteur.



Figure 61: les caissons pièges à son

Source : Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris, réadapté par l'auteur.

Synthèse:

Eu égard aux objectifs affichés, le lycée est une réussite tant sur le plan architectural, qui tire le meilleur parti de l'environnement, que sur celui de l'éco-gestion, par la mise en place de dispositifs efficaces et astucieux.

III.3 Cas d'étude

III.3.1 Présentation

L'établissement représente un lycée public, programmé de 1000/300 places, regroupé d'un bloc pédagogique, une salle de sport et des logements d'astreinte. Qui se situe au nord-est de la commune de bendjarrah qui fait partie de la ville de Guelma.



Figure 62: vue générale du projet

Source : ADLEP, 2020, Guelma.

L'environnement immédiat

L'établissement est inséré dans un contexte mixte entre l'urbain qui est constitué d'un CEM et un jardin public et l'autre naturel, délimité par:

Le nord: un terrain agricole

L'est: un contexte naturel

Le sud: jardin public et équipement

L'ouest: CEM



Figure 63: situation du lycée

Source : Google earth, réadapté par l'auteur.

➤ **L'accessibilité:**

Ce lycée est accessible seulement par deux voies la première donne sur l'entrée principale et la deuxième sur l'accès parking

III.3.2 Le plan de masse

La conception fonctionnelle de ce lycée est organisée selon trois blocs: un bloc pédagogique (bloc 01), salle de sport (bloc 02) et les logements d'astreinte (bloc 03).

La hauteur de ces blocs se varie entre le RDC et R+1.

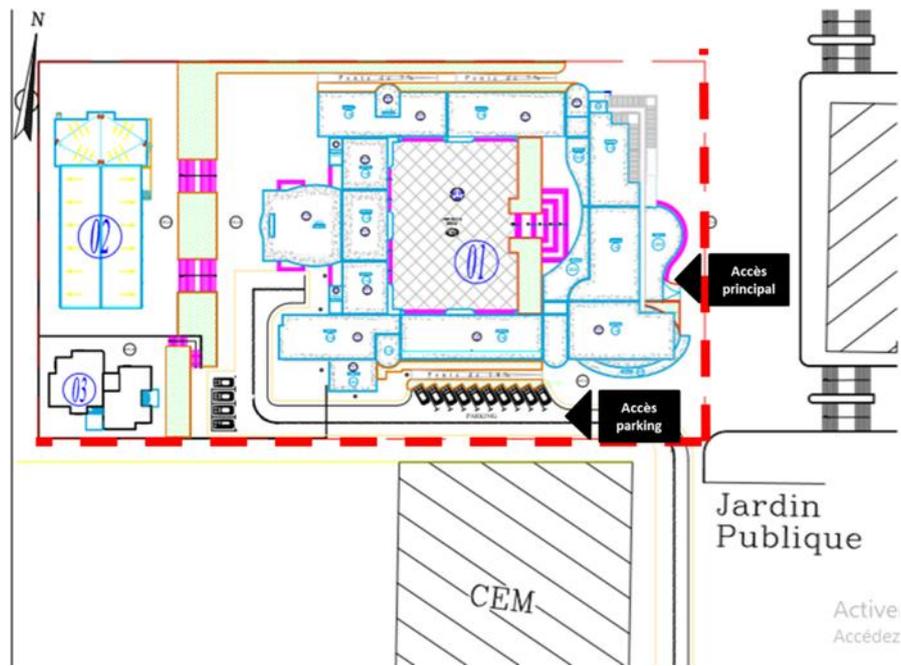


Figure 64: plan de masse du projet

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

III.3.3 Volumétrie

Une composition géométrique simple dont les blocs pédagogiques sont présentés dans un seul volume compact organisé autour d'un patio de récréation central, un autre volume qui représente le bloc sportif et un dernier qui est préservé pour les logements d'astreinte. Tous ces blocs sont bien intégrés dans l'assiette.

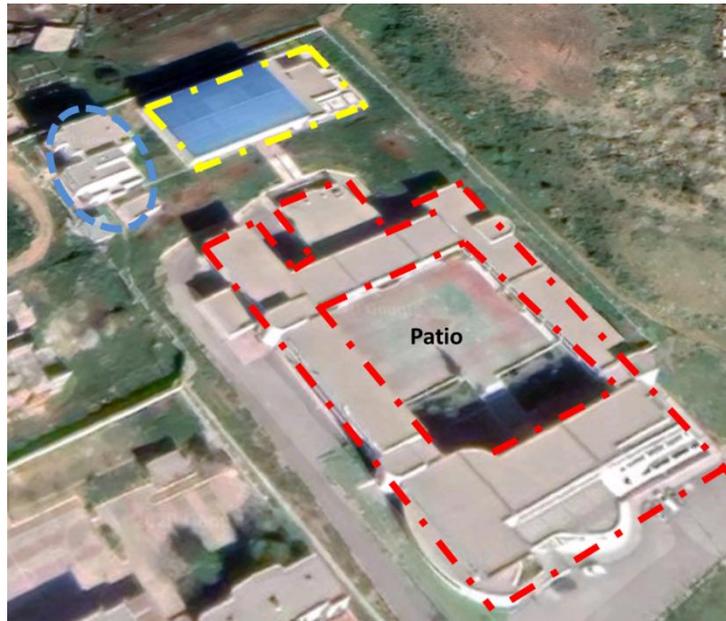


Figure 65: la volumétrie

Source : Google earth, 2020, réadapté par l'auteur.

III.3.4 Façades

Coté façade, une façade principale asymétrique marquée par son entrée et la répétition des ouvertures en forme rectangulaire simple.



Figure 66: façade principale du projet.

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

La façade latérale gauche représente une façade allongée dans son attribut le plus impressionnant est l'horizontalité.



Figure 67: façade latérale du lycée

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

III.3.5 Etude de l'intérieur

Ce lycée est construit sur quatre niveaux, le sous-sol, le RDC, le premier et le deuxième étage

Le niveau sous-sol est partiellement aménagé, il contient seulement l'auditorium et l'administration

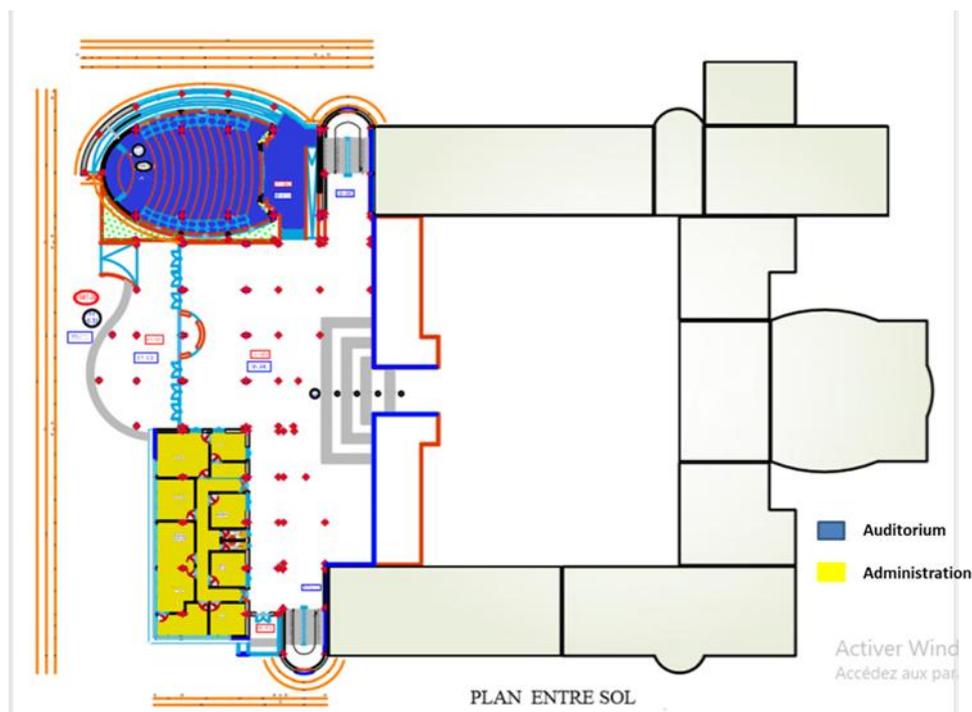


Figure 68: plan entre sol

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

Le RDC contient des salles ordinaires alignées dans le côté sud, des laboratoires de sciences dans le nord, une bibliothèque et un réfectoire.

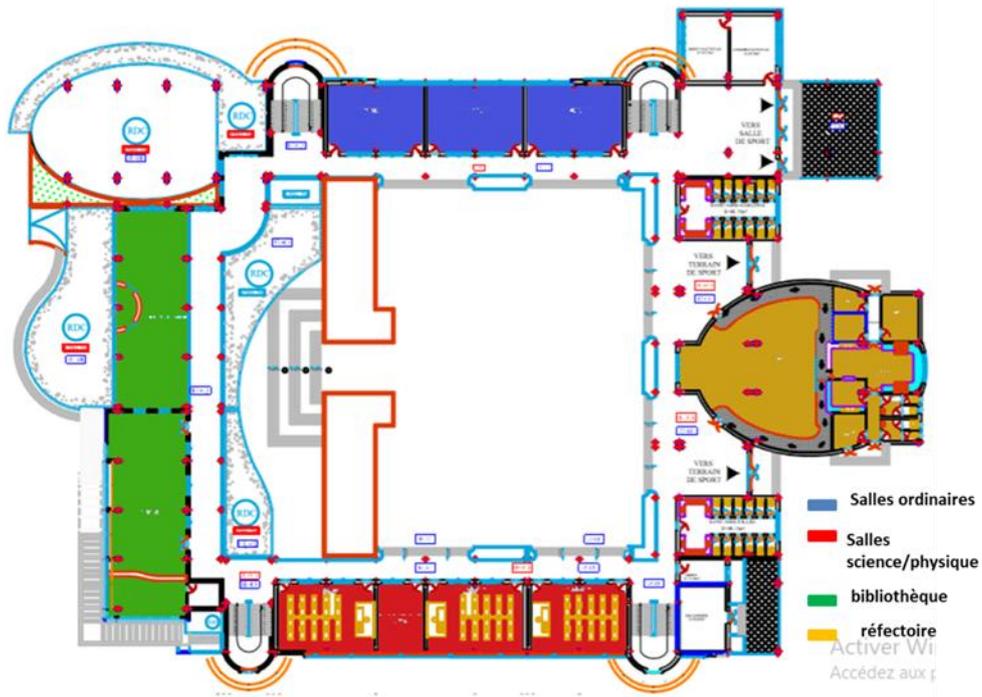


Figure 69: plan RDC du lycée

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

Le premier étage est préservé dans sa majorité pour les salles ordinaires qui occupent tous les côtés nord, est et sud. Dans le côté ouest se trouve les salles des enseignants et la salle polyvalente.

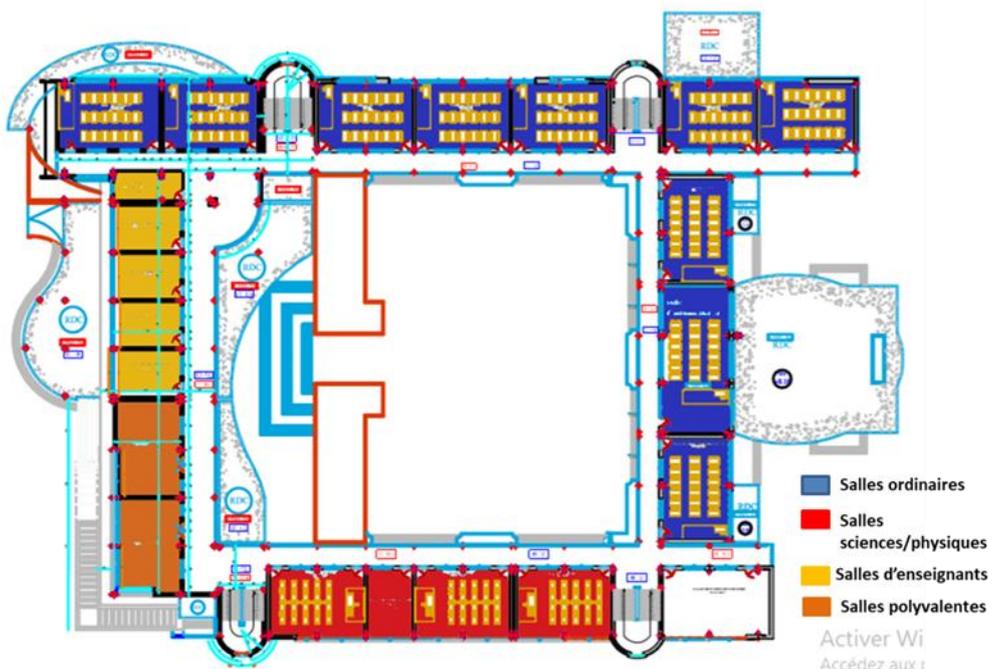


Figure 70 : plan 1er étage

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

Le deuxième étage est aménagé seulement dans le côté sud par des salles ordinaires.

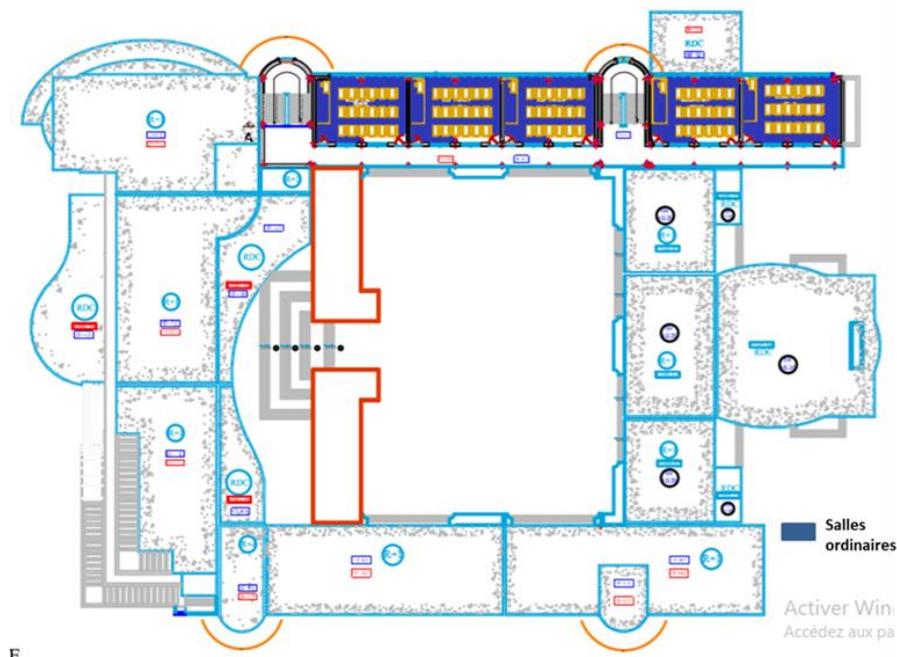


Figure 71: plan 2ème étage

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

III.3.6 Evaluation qualitative environnementale du lycée

III.3.6.1 Eco construction

Le lycée est bien intégré dans son assiette, construit d'une manière à respecter la pente et donc il présente une relation harmonieuse avec son terrain.

Utilisation d'un seul matériau de construction : le béton et l'absence totale des éco-matériaux

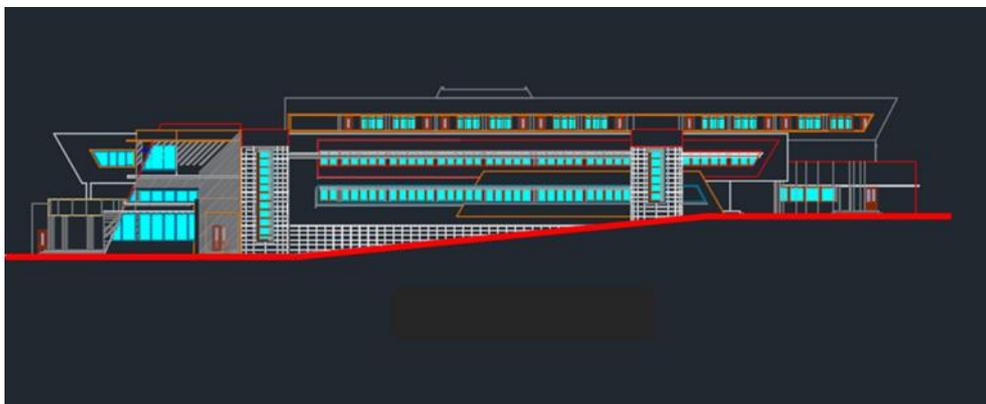


Figure 72: coupe sur le projet

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur



Figure 73: l'intégration du projet dans l'assiette

Source : ADLEP, 2020, Guelma

III.3.6.2 Ecogestion

Aucun signe de renforcement de la réduction de la demande et des besoins énergétiques, que ce soit par l'orientation ou par l'emplacement des dispositifs astucieux et efficaces, avec le manque d'utilisation des énergies renouvelables telle que l'énergie solaire, l'éolienne et même la géothermie qui peut présenter un choix efficace dans le cas de ce projet qui contient un sous-sol.



Figure 74: une coupe qui montre les différents niveaux (le sous-sol encadré par le rouge)

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

Coté gestion des eaux, manque des zones d'assainissement et de collecte des eaux usées et pluviales pour les réutiliser dans l'arrosage et les sanitaires.

Dans ce projet ils n'ont pas conçu des dépôts des déchets d'activités adaptées aux modes actuelles avec une gestion différenciée.

III.3.6.3 Confort

La majorité des salles de classes ordinaires sont mal orientées et donc elles vont souffrir du manque d'une homogénéité hygrothermique aussi d'un problème d'éclairage naturelle.

Aucune utilisation des matériaux isolants pour bénéficier d'un confort thermique ou une isolation acoustique mais ça n'empêche pas que le lycée se situe dans un endroit calme (contexte mixte entre l'urbain et le naturel)



Figure 75: vue lointaine sur le projet

Source : ADLEP, 2020, Guelma

III.3.6.4 Condition sanitaire

Création de commodités pour les personnes aux besoins spécifiques, donc ils ont construit une rampe à côté des marches d'entrée. Aussi la présence des unités les plus importantes dans un établissement scolaire qui sont les salles ordinaires, la bibliothèque et le réfectoire au niveau du RDC.



Figure 76 : la rampe d'entrée pour les personnes aux besoins spécifiques

Source : ADLEP, 2020, Guelma, réadapté par l'auteur

III.3.6.5 Qualité de l'air

Absence des risques de pollution par les équipements qui entourent le lycée

Manque de dispositifs et de solutions constructifs pour assurer une ventilation naturelle et donc une bonne qualité de l'air intérieur.

Conclusion :

D'après l'analyse des exemples, les responsables de ses projets afin d'assurer un environnement intérieurs de leurs lycées sains, confortable et satisfaisant pour les utilisateurs, au même temps maîtrisé leurs impacts sur l'environnement extérieur, les normes HQE étaient le choix le plus efficace dans leur cas.

IV. Site, programmation et intervention

Introduction :

Dans ce chapitre nous consistons à présenter le programme retenu des exemples pour faire ensuite un programme officiel qui répond aux exigences en premier lieu, du terrain que nous allons l'analyser afin de bien intégrer le projet dans ce dernier et en deuxième lieu, d'une conception architecturale qui réponde à son tour aux principes du label HQE.

IV.1 Analyse du site

Caractéristiques climatiques et environnementale de la ville de Guelma et sa région :

IV.1.1 Présentation de la ville

IV.1.1.1 Situation géographique

La Wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km².

La wilaya de Guelma est limitrophe aux Wilayas de:

- Annaba, au Nord,
- El Taref, au Nord-est,
- Souk Ahras, à l'Est,
- Oum El-Bouaghi, au Sud,
- Constantine, à l'Ouest,
- Skikda, au Nord-ouest,³⁹

³⁹*Invest in Guelma*, Andi 2013. PDF

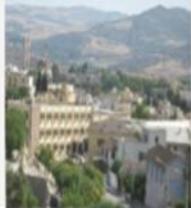


Figure 77 : la carte de la ville de Guelma

Source : Invest in Guelma, Andi 2013. PDF

IV.1.1.2 Aspect administratif

La Wilaya de Guelma, créée en 1974, comprend 10 Dairas et 34 Communes.

Photos	Dairas	Communes
	Guelma	Guelma Ben Djerrah
	Guelaât Bou Sbaâ	Guelaât Bou Sbaâ Boumahra Ahmed Béni Mezline Djeballah Khemissi Belkheir Nechmeya
	Bouchegouf	Bouchegouf Ain Ben Beida Oued Fragha Medjez Sfa
	Oued Zénati	Oued Zénati Ain Reqada Bordj Sabath

	Hammam Debagh	Hammam Debagh Roknia Bouhamdane
	Héliopolis	Héliopolis Bouâti Mahmoud El Fedjoudj
	Khezaras	Khezaras Bouhachana Ain Sandal
	Ain Makhoulf	Ain Makhoulf Ain Larbi Tamlouka
	Ain Hessainia	Ain Hessainia Ras El Agba Sellaoua Announa Medjez Amar
	Hammam N'Bails	Hammam N'Bails Oued Cheham Dahouara

Figure 78: tableau des différentes daïras et communes de la ville

Source : Invest in Guelma, Andi 2013. PDF

IV.1.1.3 Situation démographique

➤ Structure de la Population:

La population totale de la wilaya est estimée à 506.007 habitants, soit une densité de 135 habitants par Km².

➤ Répartition de la population par âge:

La population ayant un âge inférieur à 15 ans représentant 34% du total de la population, constitue dans les années à venir une importante ressource humaine.

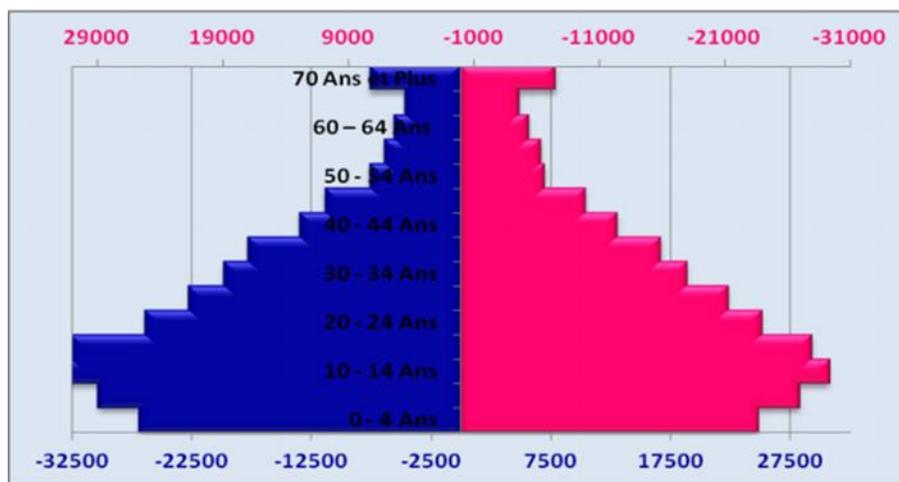


Figure 79: diagramme de la répartition de la population par âge dans la ville

Source : Invest in Guelma, Andi 2013. PDF

IV.1.1.4 Éducation et formation

➤ Enseignement primaire:

Compte 267 écoles primaires pour un effectif global de 42.361 élèves dont 20.025 sont constitués par des filles, la Wilaya offre actuellement 2.079 classes dont 1.485 salles utilisées.

➤ Enseignement Moyen:

Ce stade de l'enseignement compte 79 sur un effectif de 41.087 élèves dont 20.549 filles avec 1.157 salles de classes.

➤ Enseignement secondaire:

Compte actuellement 34 lycées offrent 715 salles de classes pour un effectif global de 18.427 élèves dont 10.997 filles.

➤ Formation professionnelle:

Un réseau de formation professionnelle diversifié composé de 1 INSFP, 10 CFPA, 03 annexes de CFPA d'une capacité totale d'accueil de 2075 places pédagogiques.

➤ Enseignement supérieure: Un centre universitaire avec 7 facultés pour 16.500 étudiants.⁴⁰

⁴⁰Invest in Guelma, Andi 2013. PDF



Figure 80: une salle de classe dans le secondaire



Figure 81: salle de formation professionnelle



Figure 82: une faculté de l'université de Guelma

Source : Invest in Guelma, Andi 2013. PDF

IV.1.1.5 Le relief

La géographie de la Wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau.

Ce relief se décompose comme suit :

Montagnes: 37,82 % dont les principales sont :

1 – Mahouna (Ben Djerrah) : 1.411 M d'Altitude

2 – Houara (Ain Ben Beidha) : 1.292 M d'Altitude

3 – Taya (Bouhamdane) : 1.208 M d'Altitude

4 – D'bagh (Hammam Debagh): 1.060 M d'Altitude

Collines et Piémonts: 26,29 %

Plaines et Plateaux: 27,22 %

Autres: 8,67 %⁴¹



Figure 83: les différents reliefs de la ville

Source : Invest in Guelma, Andi 2013. PDF

IV.1.1.6 Le climat

Le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température qui varie de 4° C en hiver à 35.4°C en été, est en moyenne de 17,3° C. Quant à la pluviométrie, on enregistre :

- 654 mm/an à la station de Guelma
- 627 mm/an à la station d'Ain Larbi
- 526 mm/an à la station de Medjez Amar Cette pluviométrie varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu'à près de 1000 mm/an au Nord. Près de 57% de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide (Octobre Mai).

➤ Température:

⁴¹Invest in Guelma, Andi 2013. PDF

La température annuelle moyenne est de 17.9°C avec 27. 7°C en août (le mois le plus chaud) et 10°C en janvier (le mois le plus froid). Les extrêmes absolus enregistrés varient entre - 3.5°C au mois de janvier à 47°C au mois de juillet les amplitudes mensuelles ne sont pas contrastées comparées aux amplitudes annuelles qui dépassent les 31.6°C. ce qui distingue la période chaude de la période froide.

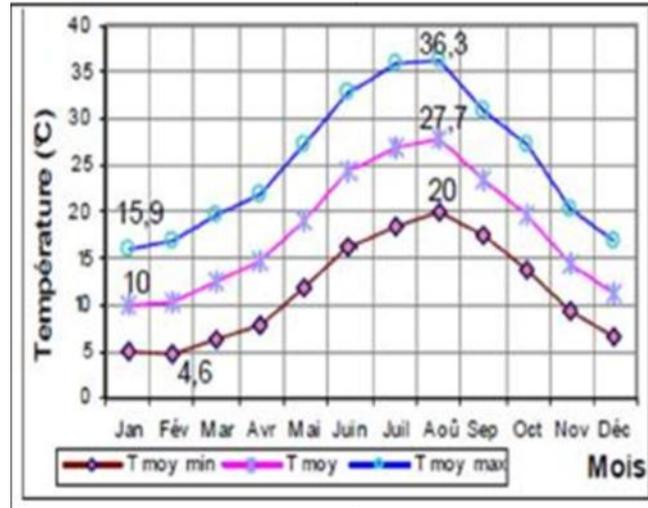


Figure 84: variation des températures annuelles

➤ Humidité:

La moyenne mensuelle de l'humidité relative dépasse les 68.3 % avec une moyenne maximale de 94.2% et une moyenne minimale de 29.1%. Les valeurs des humidités moyennes maximales ; donc le climat de Guelma est un climat subhumide.

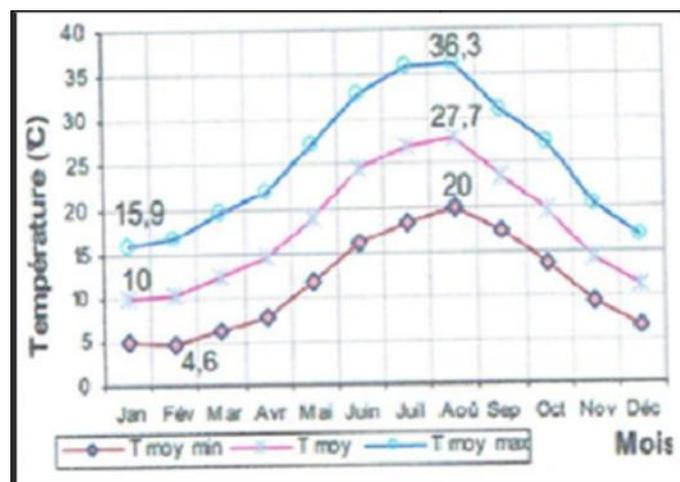


Figure 85: variation mensuelle de l'humidité

➤ Vents:

Les vents prédominants sont d'une vitesse moyenne qui varie de 1.46 à 2m/s, ils sont de diverses directions. Ceux de nord-ouest ils atteignent leur maximum au mois de décembre et leur minimum au mois de juillet, à l'inverse les vents nord-est sont plus fréquents au mois de juillet, avec un maximum de fréquences entre les mois d'octobre et février. Enfin le sirocco se manifeste au nord plus qu'au sud de la région, surtout en juillet de 6 à 7 jours en moyenne. C'est un vent chaud et desséchant pour les cultures.

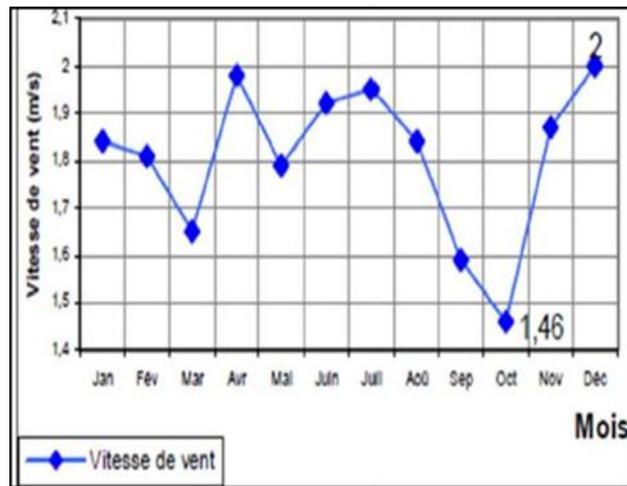


Figure 86: variation des vitesses des vents

IV.1.2 Présentation de la ville nouvelle de Guelma

IV.1.2.1 Situation du pos sud par rapport à Guelma

-le pos sud est situé au sud de la ville de Guelma, à 2KM par rapport au centre-ville, avec une superficie de 82 H, apparu pendant la révolution urbaine 1997/2009

-elle est limitée :

- Au nord par oued l maiz
- Au sud par la foret
- à l'ouest par l'université De 08 mai 45
- A l'est par cité Maghmouli



Figure 87: la situation du pos sud par rapport à la ville de Guelma

Source : auteur

IV.1.2.2 Accessibilité

L'extension Sud de Guelma est accessible par plusieurs points :

- Accès Nord-Ouest: coté université et cité 19 juin 03.
- Accès Nord: Cité 140 logements (quartiers d'habitat collectifs).
- Coté est: Cité Maghmouli et chemin communal vers Ain Larbi

IV.1.3 Présentation du terrain d'intervention

IV.1.3.1 Motivation du choix

Choix du terrain d'implantation : notre choix a été fait suivant ces critères:

- Le site est entouré par des quartiers résidentiels ce qui lui assure le maximum du développement socio-éducatif
- Facilité d'accès et de dégagement (un site ouvert)
- Suivre le sens d'étalement de la ville

IV.1.3.2 Situation

Le terrain se situe dans la nouvelle ville qui se trouve à l'extrême sud de la ville de Guelma. Il est plongé dans un endroit résidentiel (lotissement et habitat collectif) dans les quatre cotés. Il est proche du pôle universitaire qui peut bénéficier de son attractivité.



Figure 88: situation du terrain par rapport à la ville nouvelle de Guelma

Source : auteur



Figure 89: le terrain d'intervention

Source : Google earth, 2020, réadapté par l'auteur

IV.1.3.3 La qualité de L'environnement local

➤ Paysage :

Naturel:

- Un environnement naturel lointain riche constitué d'une forêt et autre...
- Immédiatement, manque de structuration des espaces verts
- des espaces verts maltraités

Urbain:

Le site est entouré par des habitations collectifs et quelques habitats individuels



Figure 90: limites immédiats du terrain

Source : Google earth, 2020, réadapté par l'auteur

IV.1.3.4 Accessibilité et mobilité

- Le terrain est situé dans un endroit très facile à accéder.
- Il est ouvert vers les autres quartiers voisins, il est considéré comme un point de passage qui relie la nouvelle extension avec la ville ancienne.
- La circulation mécanique concentrée sur le boulevard principale (la colonne vertébrale de l'extension sud).
- L'utilisation des voiries intérieures est temporaire, Donc la circulation est distribuée d'une façon irrégulière entre les voies du site.

Bruit:

- Comme le terrain concerné est entouré par des quartiers résidentiels calmes, il ne souffre pas de bruit et de nuisance de voisinage
- La circulation mécanique concentrée sur le boulevard principale et l'utilisation des voiries intérieures est temporaire donc, il n'y a pas de pollution sonore liée au trafic



Figure 91: mobilité et accessibilité au site d'intervention

Source : Google earth, 2020, réadapté par l'auteur

IV.1.3.5 Morphologie de terrain

Le terrain a une forme presque rectangulaire et une surface de 11200 m².

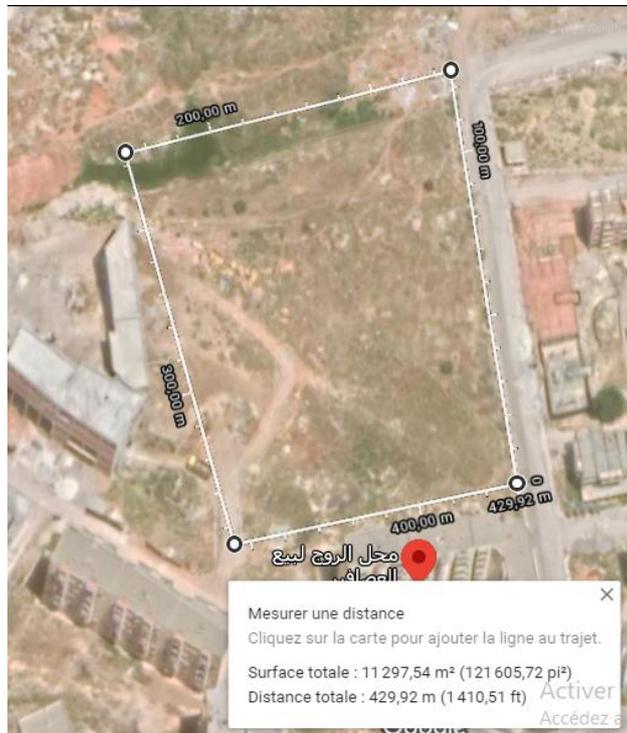


Figure 92: forme et surface du terrain

Source : Google earth, 2020.

IV.1.3.6 Topographie

La topographie du site présente un relief plus ou moins apparent, avec des pentes moyennes : allant de 5 à 9%, localisées au Sud et en Ouest qui sont les plus abondantes, qui permettent le drainage de l'eau de pluie



Figure 93: coupe longitudinale



Figure 94: coupe transversale

Source : Google earth, 2020.

IV.1.3.7 Orientation et ensoleillement

Une orientation est-ouest du terrain le long de l'axe nord-sud

Les vents dominants dans le terrain sont de direction Nord.

Le terrain est totalement exposé aux différents vents illustrés dans la photo vue de leur environnement immédiat.



Figure 95: l'ensoleillement et les vents dominants dans le terrain

Source : auteur

Le site est ensoleillé pendant tous les jours de l'année.

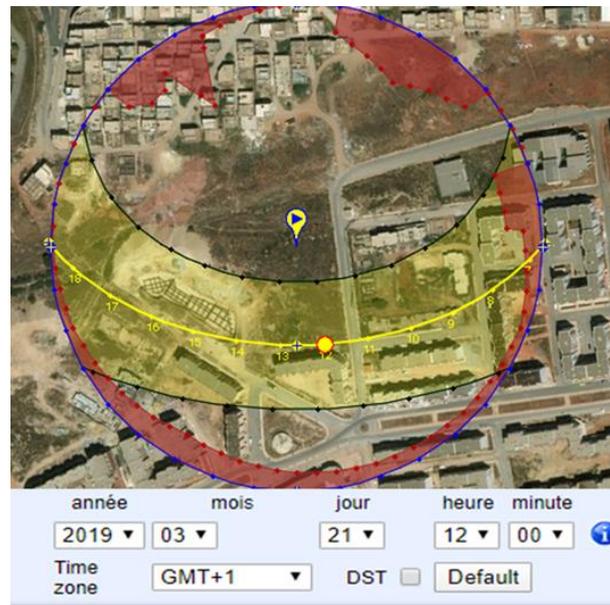


Figure 96: calcul de la position du soleil dans le ciel dans le mois de Mars

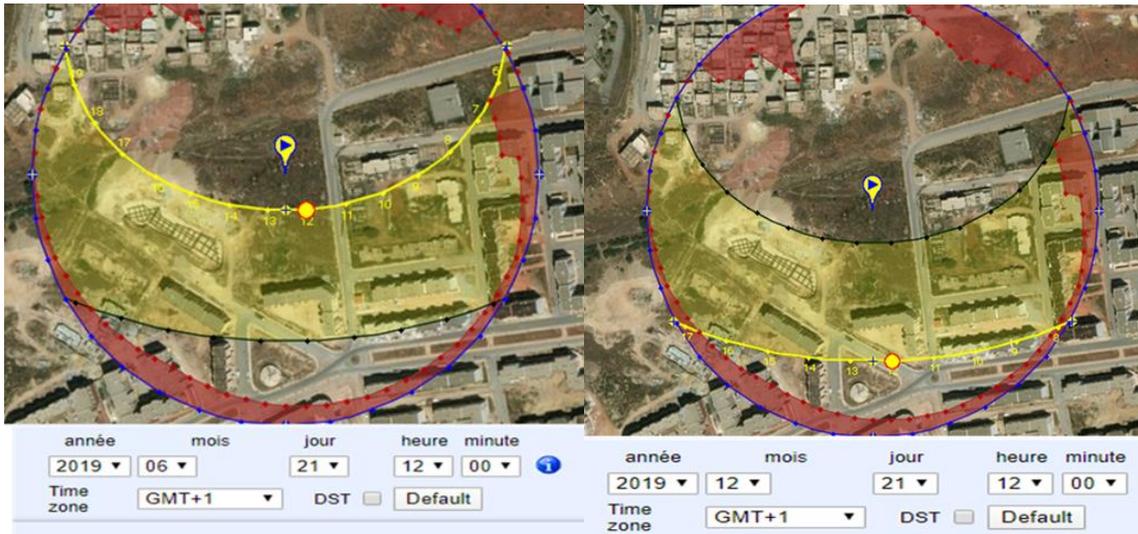


Figure 97 : calcul de la position du soleil dans le ciel dans le mois de Juin et Décembre

Source : SunEarthTools, 2020

Synthèse:

- la situation du terrain dans des quartiers résidentiels ce qui lui assurer le maximum du développement socio-éducatif
- Il possède une visibilité et un bon panorama presque dans tous les côtés.
- le terrain profite d'un bon ensoleillement avantageux.
- Il se caractérise par une pente faible, donc il profite d'une bonne constructibilité dans toute sa surface.
- Environnement calme proche de la nature.

IV.2 Programmation

Programme surfacique lycée 800/200 places.

Exemple 01		Exemple 02		Programme officiel	
Espace	surface	Espace	Surface	Espace	Surface
Hall d'entrée	/	Cour d'entrée	/	Hall d'entrée	03
Locaux enseignements	/	Six bâtiments d'enseignements	/	Locaux d'enseignements	1940
Salle polyvalente	/	Administration	/	Administration	128
Restauration	/	Restauration	/	Bibliothèque	160
Logistique	/	Cyber cafétéria	/	Espace didactique	448
Maison du lycéen	/	Centre de documentation	/	Demi-pension et annexe	357
Vie scolaire	/	Internat	/	Salle d'éducation	712

Chapitre IV : Site, programmation et intervention

				physique	
administration	/	Espace technique	/	Plateau sportif	1280
Salle du conseil	/	Logement de fonction	/	Logement de fonction	545
Espaces enseignants	/	Plateau sportif	/	Espaces technique	150
Santé	/				
Espace vélo	/				
CDI	/				
Internat	/				
Espace technique	/				
Centre de gymnase	/				

Tableau 2: tableau comparatif du programme

Source : auteur

Service	Espace	Nombre	Surface unitaire (m ²)	Surface totale (m ²)
Fonction éducation (locaux d'enseignements)	Salles ordinaire	14	62	868
	Salle de sciences	04	65	260
	Salle de préparation de sciences	01	25	25
	Salle de préparation physique	01	40	40
	Auditorium (160 places)	01	125	125
	Salle polyvalente	02	70	140
	Dépôts	01	14	14
	Circulation	20%	294.4	294.4
	Sous totale			1766.4
Didactique	Bibliothèque	01	160	160
	Salle de séminaire	02	32	64
	Espace polyvalent réfectoire	01	250	250
	Coopérative des élèves	01	08	08
	Foyer des élèves	01	60	60
	Foyer des professeurs	01	08	08
	Salle de travail des professeurs	01	50	50
	Sous totale			600
Administration	Bureau de directeur	01	30	30

Chapitre IV : Site, programmation et intervention

	Salle d'attente	01	03	03
	Bureau de conseil d'éducation	02	15	30
	Secrétariat	01	15	15
	Bureau de gestion	01	15	15
	Bureau de censeur	01	25	25
	Archives polycopies	01	15	15
	Salle de tirage	01	9	9
	Loge de concierge	01	06	06
	Unité de dépistage et de suivi de santé scolaire (U.D.S)			
	Cabinet médical	01	74	74
	Cabinet dentaire	01	15	15
	Bloc sanitaire	02	06	12
	circulation	10%	24.9	24.9
	Sous total			273.9
demi-pension et annexe	Cuisine +annexe	01	175	175
	Atelier factotum	01	30	30
	Dépôt factotum	01	35	35
	Chaufferie	01	27	27
	Sanitaire garçons	01	90	90
	Sanitaire filles	01		
	Bâche à eau	01	36	36
	Sous total			393
Education physique et sportive	Hall d'entrée	01	10	10
	Aire de jeux (30*20)	01	600	600
	Vestiaire élèves	02	20	40
	Vestiaire enseignants	02	06	12
	Douche	02	16	32
	Toilette	02	08	16
	Local matériel	01	16	16
	Chaufferie	01	16	16
	Circulation	20%	149.4	149.4
	Plateau sportif	01	1280	1280

	Sous total			2176.4
Logements d'astreintes	Logements de 5 pièces	01	110	110
	Logements de 4 pièces	03	90	270
	Logements de 3 pièces	02	70	140
	Logements de 2 pièces	01	50	50
	Sous total			570
Locaux technique	Bâche de stockage de calories	01	150	150
	Bâche de récupération des eaux pluviales	01	30	30
	Sous total			180
Total des surfaces				5959.7

Total des surfaces :

surface	Surface totale m ²
Surface totale des locaux	5959.7
Espace extérieur (5 à 6 m ² par élève)	4000
Surface totale	9959.7

Tableau 3: tableau du programme surfacique officiel du lycée

Source : auteur

IV.3 Genèse et démarche du projet

Le projet proposé est un lycée situé à la nouvelle ville POS SUD de Guelma. Dans une assiette de 11200 m².

IV.3.1 Objectif principal :

Adopter une démarche de haute qualité environnementale HQE dans la conception d'un nouvel établissement éducatif du secondaire degré.

IV.3.2 Recommandations à suivre :

Les principales recommandations à retenir de la démarche HQE dans la conception de ce projet « lycée HQE » sont:

- ✓ Penser à une construction qui se pose harmonieusement dans le terrain d'intervention et respectueusement des courbes naturelles de ce dernier.
- ✓ Performance thermique de l'enveloppe par l'utilisation des matériaux sains et durables.
- ✓ Réaliser un confort thermique d'été dans les salles de classe au mois de juin et au mois de septembre, sans climatisation (ventilation naturelle).

- ✓ Un lycée qui profite le maximum possible de l'éclairage naturel (surtout les locaux d'enseignement).
- ✓ Utilisation des énergies renouvelables (solaire et éolienne).

IV.3.3 Schéma de principe :

Présentation de la conception:

La conception de ce projet dépend de l'idée du cycle éducatif en Algérie à travers un cercle qui représente l'éducation obligatoire de l'école primaire jusqu'au secondaire. Ce cercle sera ouvert pour passer une idée que l'enseignement n'a jamais des limites.

➤ Les principaux axes:

Le premier axe majeur représente un boulevard de 20m de largeur.

Et le deuxième représente une voirie secondaire de 8m de largeur liée à un nœud important dans le site.

L'exploitation du deuxième axe pour la construction d'une façade principale qui donne sur ce dernier et donc un accès principal plus sécurisé pour les élèves.

➤ Les accès:

Ce projet est accessible par deux accès majeurs:

Accès principal: contient une entrée principale seulement piétonne

Accès secondaire: un accès mécanique à partir du boulevard vers le parking



Figure 98 : Schéma de principe du projet (source : auteur)

Conclusion générale

À travers cette étude, nous avons essayé d'examiner l'intégration de la démarche environnementale dans les équipements éducatifs. Pour se faire, nous avons développé une analyse conceptuelle des notions et des concepts clés liés à notre thématique afin de pouvoir procéder à l'application.

Les travaux de recherche menés sur la question de comment prendre en compte la qualité environnementale dans la conception des équipements éducatifs, montrent que la prise en compte de la qualité environnementale est une nécessité architecturale pour toute démarche de conception des équipements éducatifs ainsi que les environnements d'apprentissages doivent être radicalement différents de ce que l'on a conçus jusqu'à présent à travers plusieurs nouvelles recommandations telles que:

- Réaliser une conception dont sa forme architecturale sera liée aux stratégies climatiques
- Fusionner le bâtiment avec le terrain
- Concevoir un édifice économe en coût de fonctionnement et d'entretien.
- Minimiser l'impact de ses bâtiments sur l'environnement.
- Créer un espace éducatif intérieur sain et confortable pour les occupants.

Nous constatons que La méthode HQE peut maîtriser ces recommandations et permet l'évaluation environnementale des projets architecturaux. Elle peut donc être généraliser sur les autres projets éducatifs à l'échelle nationale.

Bibliographie :

Ouvrage/ thèse et mémoire/ rapport d'étude :

Ammar BOUCHAÏR Professeur, Directeur du Laboratoire de Recherche du Cadre Bâti et Environnement Chef du département d'Architecture, Université de Jijel, l'évaluation environnementale qualitative du vieux bâti-Méthodes et Outils-, Jijel-Algérie-

M. KATTI Lounis, 2017, L'école et la ville : deux espaces à confondre, université Abderahmane Mira de Bejaia

L'ADEME, bâtiment et démarche HQE

Soprema entreprises, 2017, CARQUEFOU (44) INAUGURE UN NOUVEAU LYCÉE FUTURISTE 100% ENERGIES RENOUVELABLES LABELLISÉ BEPOS, Carquefou

Novabuild entreprise, 2016, Lycée Nord-Est de Nantes à Carquefou, Région pays de la Loire

Agence Cim béton, lycée Jean Jaurès – pic saint loup -, paris.

Invest in Guelma, Andi 2013

Leroy Arnault, 2004-2005, l'architecture écologique UE développement durable, université de la rochelle

Pascale Leroi, avec la participation de Renaud Diziain et Jean-François Saigault, 2005, Construction de Haute Qualité Environnementale -L'implication des Régions-, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile de France

Sup de Cours, Emile Durkheim (1858 / 1917), Etablissement d'enseignement privé, Bordeaux

Architecture scolaire, université de Biskra

Agence méditerranéenne de l'environnement, construire un bâtiment respectueux de l'environnement – retour d'expérience : le lycée HQE du pic saint loup réalisé par la région -, région Languedoc Roussillon.

MYLÈNE GLIKOU, HQE® : démarche et enjeux - Lycée dans l'Hérault Un établissement scolaire respectueux de l'environnement-, construction moderne

Document gouvernementaux :

Ministère de l'éducation-système éducatif algérien-

Ministère de l'éducation- gouvernement fr-

Adlep - Guelma Algérie-

Site web :

<http://demarchesterritorialesdedeveloppementdurable.org/glossary/environnement/>

<http://demarchesterritorialesdedeveloppementdurable.org/architecture-verte/>

https://archiguelma.blogspot.com/2017/12/larchitecture-ecologique_4.html

<https://www.travaux-de-renovation.be/eco-materiaux-renovation-ecologique.htm>

https://www.m-habitat.fr/terrassement-et-fondation/maconnerie/le-beton-vegetal-2570_A

<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/le-developpement-durable/qu-est-ce-qu-une-energie-renouvelable>

<https://www.cnrtl.fr/definition/education>

<https://books.openedition.org/enseditions/5051?lang=fr>

<https://www.lemoniteur.fr/article/un-lycee-bepos-100-energies-renouvelables-a-carquefou.1106969>

<https://journals.openedition.org/>