

Résumé

Le domaine de l'éclairage naturel et/ou électrique a subi un réel bouleversement en raison de la volonté de recourir, de plus en plus, aux énergies propres, renouvelables et durables.

Cet état de fait a généré d'énormes efforts dans la recherche relative à l'environnement lumineux sans insister sur la dimension confort qui, de nos jours, s'affirme être aussi bien physiologique (objective/quantitative) que psychologique (subjective/qualitative).

En ce fondant sur cette nouvelle relativité, on a essayé d'appréhender la meilleure réflexion possible, autant pour l'introduction de la qualité de l'ambiance lumineuse dans le processus de conception, que pour la contribution de cette dernière à une meilleure perception de l'environnement, de manière générale, et au développement de l'éveil des enfants en particulier.

En Algérie, l'architecture scolaire a été pendant plus de trois décennies un domaine peu innovant à cause de l'édification, en très grand nombre après l'indépendance, d'écoles dites « nouvelles », dont le modèle stéréotypé a été élaboré à la hâte afin de combler le déficit accumulé pendant la période coloniale.

Rappelons qu'à cette époque précisément les écoles étaient réservées essentiellement aux enfants d'européens.

Faire des recherches sur l'éclairage dans le milieu scolaire et le considérer comme un paramètre fondamental, à l'intérieur de ce type d'établissement dans le mécanisme du confort environnemental, nécessite la notion d'ambiance lumineuse et son rôle effectif dans le confort visuel chez l'enfant.

De prime abord, quelques questions se posent: la lumière naturelle peut-elle être considérée comme un élément primordial dans la perception chez l'enfant? de quelle manière influence-t-elle le déroulement de la tâche scolaire? joue-t-elle un rôle effectif dans leur développement psychologique? Si elle était inadéquate, quel serait son impact sur le confort visuel?

La présente recherche faite dans le cadre d'un travail de magistère, a pour ambition d'apporter des éléments de réponse à ces questions. Elle a été développée en sept chapitres. Les chapitres un, deux, trois et quatre, mettent en évidence la partie théorique, toutes les définitions, les expériences antérieures et les recherches faites par différents chercheurs tel que Piaget.

Le chapitre cinq expose les exemples, leurs historiques, leurs caractéristiques ... etc trois méthodes ont été utilisées dans cette recherche afin d'aboutir a des résultats plus au moins fiables.

- La premier est subjectif sous forme d'un questionnaire qui révélera la perception par les élèves de leur environnement .Les résultats seront traités par le logiciel Ethnos©.

--La seconde est objective, sous forme de collecte de mesures, qui permettent de faire une comparaison claire et nette entre les différentes composantes des salles de classes :

orientation, dimensions des ouvertures, types de matériaux.. Etc.

- La dernière est faite sous forme de simulations permettant d'avoir des modèles concrets et objectifs, qui feront office de support de comparaison entre les résultats de ces trois méthodes Ces simulations ont été faites par deux logiciels, à savoir: ecotect© et radiance©.

Après l'analyse des résultats de ces trois étapes, nous avons pu confirmer nos hypothèses, à savoir que la lumière est un paramètre déterminant dans la perception de l'espace par l'enfant mais qui n'est malheureusement.. Pas vraiment prise en considération de manière effective. La mauvaise qualité de l'ambiance lumineuse peut inhiber un développement correct de la tache scolaire chez l'enfant. L'absence du confort visuel est un élément essentiel dans la perception de l'espace par l'enfant.

Pour conclure, la prise en compte des ambiances lumineuses de confort dans la conception des espaces pour enfants est pour le moins indispensable sinon décisive.

Abstract

The domain of the natural lighting and for electric has been subjected to a real upsetting due to the will to turn more and less to clean energies, renewable and sustainable. This state of fact has generated enormous efforts in the research in the luminous environment without insisting on the comfort dimension which, nowadays assert to be as well physiologic (objective/quantitative) as psychological (subjective/qualitative).

Based on that new relativity, we have tried to apprehend the best possible reflexion, so much for the introduction of the quality of the luminous atmosphere in the process of conception than for the contribution of this latter which has a better perception of the environment in general, and in development of the awakening of children in particular.

In Algeria, the scholar architecture has been, during more than three decades, a domain less innovant because of the edification, in great number, after the independence, schools called "new" with the stereotyped model has been elaborated in haste in order to fill in the deficit accumulated during the colonial period.

Reminding that during this period precisely the schools were reserved essentially to the European children. To do researches on the lighting in the school field and to consider it as fundamental parameter, in the interior of this type of establishment where the mechanism of environment comfort needs the notion of luminous mood and its affective role in the visual comfort of child.

From the first sight, some questions must be asked: can the natural light be considered as the primordial element in the child's perception? How does it influence the process of the scholar task? Does it play an effective role in their psychological development? If it was ineffective, what would be its impact on the visual comfort?

The present research is performed in the field of study of the magister which has the ambition to bring some elements of answers to these questions. It has been developed in seven chapters. The chapters one, two, three and four put the importance on the theoretical party where all the definitions, the anterior experiences and researches done by different researchers such Piaget.

The chapter five exposes the examples, their historical, their characteristics ... so on. Three methodizes have been used in this research to come to at results more or less reliable.

The first one is subjective under the form of questionnaire witch revel the child's perception of their environment. The second is objective under the form of collect of measures which allow to have a clear and net comparison between the different components of the classrooms: orientation, dimension of openings, type of materials ... and so on.

The last one is used under the form of simulation enabling to have the concrete moobjectives which will be as a support of comparison between the results of the three methodizes.

After the analysis of the results of these three stapes, we have been able to confirm our hypothesis that the light is the determinant parameter in the perception of space by the child, but unfortunately it is not taken in consideration effectively. The bad quality of luminous atmosphere can inhibit a correct development of scholar task to the pupils.

The absence of visual comfort is an essential element in the perception of space by the children.

To conclude the importance of luminous comfort in the perception of the space (surrounding) by the children is indispensable if not decisive.

Dédicace :

Grâce et hommage à dieu,

Je dédie ce mémoire , à ma très chère et regrettée maman qui nous a quitté en laissant derrière elle un énorme chagrin, à ta mémoire maman, toi qui a consacré toute ta vie à veiller sur nous, toi qui a toujours été une maman, une sœur et une amie pour moi...repose en paix maman chérie, que Dieu le Tout Puissant t'accueille en Son Vaste Paradis, à mon très cher papa qui sans lui, je n'aurai pas eu le courage de continuer ma route. Je vous aime très fort papa maman.

A mes cinq sœurs, mon beau frère et mes deux petits neveux que j'adore,

A ma belle mère, mon beau père, qui sont de véritables parents pour moi,

A ma belle sœur adorée, à mes deux petits neveux et à mon beau frère, que j'aime énormément,

A mes grands mères, à mes tantes surtout « ma tata adorée tata Nadjet», mes oncles et tous mes cousins et cousines,

A mon cher et tendre mari que je remercie infiniment pour tout le soutien qu'il m'apporte ainsi qu'a ma petite fille qui est un rayon de soleil dans ma vie.

A toute ma promo de post graduation, et particulièrement à mon amie et sœur Selma pour sa présence, son encouragement et sa gentillesse.

A mon encadreur Mme Rouag, que je remercie pour le dévouement, l'attention, la patience et le sens pédagogique dont elle a fait preuve et dont elle m'a gratifié pour l'accomplissement de ce travail.

Et enfin a tout mes professeurs de l'institut d'architecture de Biskra, qui ont contribué à ma réussite.

Dahbi Bousnina S W

SOMMAIRE

Table des matières	I
Liste des figures	VIII
Liste des graphes	IX
Liste des tableaux	X

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I/Introduction	01
II/Problématique.....	03
III/Hypothèses.....	05
IV/Objectifs de l'étude.....	05
V/Méthodologie et outils de travail : Structure du mémoire.....	05
V-1/Le cadrage théorique.....	05
V-1-1/La perception de l'espace chez l'enfant.....	06
V-1-2/Les effets de la lumière naturelle sur l'enfant.....	06
V-1-3/les paramètres qui font une ambiance.....	07
V-1-4/L'importance des ambiances lumineuses dans les espace pour enfants...08	
V-2/Le travail sur terrain.....	08

CHAPITRE II : LES AMBIANCES LUMINEUSES ET LA PERCEPTION

Introduction.....	11
I/Les paramètres qui font une ambiance lumineuse.....	13
I-1/Qu'est ce qu'une ambiance ?.....	13
II/La perception de l'espace chez l'enfant.....	21
II-1/La perception chez l'enfant.....	21
II-1-1/Définition.....	21
II-1-2/Qu'est ce que la perception chez l'enfant ?.....	21
II-1-3/Développement du réseau neuronal	21
II-1-4/Les récepteurs sensoriels visuels.....	22
II-1-5/Piaget, psychologue et épistémologue.....	22
II-1-6/Critiques de Piaget.....	25
III/La vision du monde chez l'enfant	26

III-1/Perception.....	26
III-2/Sensation.....	26
III-3/Perception des espaces	28
III-4/Qu'est ce que l'espace ?.....	29
III-5/La structuration de l'espace selon Piaget.....	31
III-6/L'espace perçu.....	33
III-7/L'espace vécu ou la représentation (Espace conçu)	33
IV/La relation enfant/fenêtre.....	34
IV-1/Rôle de la fenêtre.....	34
IV-2/Fonction d'une fenêtre.....	35
IV-3/L'intérêt de l'éclairage naturel	36
IV-4/Performances des fenêtres.....	37
IV-5/Protection solaire	39
V/Aspects architecturaux d'une ouverture.....	40
V-1/Orientation.....	40
V-2/Implantation et localisation.....	40
V-3/Inclinaison.....	40
V-4/Dimension des surfaces vitrées.....	41
V-5/Répartition des locaux et compartimentation	41
VI/L'importance des ambiances lumineuses dans les espaces pour enfants.....	42
VI-1/Les critères d'un éclairage de qualité.....	42
VI-2/Faut-il favoriser l'éclairage naturel	42
VI-3/L'éclairage dans les locaux d'enseignement	42
VI-4/Règles simples pour caractériser l'éclairage naturel d'une salle de classe.....	42
Conclusion	44

CHAPITRE III : EXIGENCES DU CONFORT DANS LES ESPACES POUR ENFANTS

I/L'architecture et le confort.....	46
I-1/Les matériaux.....	46
I-2/Les fenêtres et la lumière.....	46

I-3/Le climat thermique.....	47
II/Les différents types de confort.....	48
II-1/L'approche pluridisciplinaire	49
II-1-1/Le confort hygrothermique.....	49
II-1-2/Le confort acoustique.....	50
II-1-3/Le confort lumineux.....	50
II-1-4/Le confort olfactif	50
III/Les effets de la lumière sur l'enfant (Etude antérieure).....	52

CHAPITRE IV : L'ECLAIRAGE DANS L'ECOLE

Introduction.....	61
I/Aperçu de l'évolution des bâtiments scolaires.....	62
II/Apparition des salles de classes.....	66
II-1/Définition.....	66
II-2/La salle de classe.....	66
II-3/Critères à considérer pour une conception d'éclairage.....	66
II-3-1/Le genre de tâches.....	67
II-3-2/Le genre d'occupants.....	68
II-3-3/La perception	72
II-3-4/Les tâches à accomplir.....	73
II-3-5/Le degré optimum d'exactitude de la performance visuelle	74
II-4-1/La performance visuelle.....	74
II-4-2/Le contraste.....	74
II-4-3/Taille et dimension du détail.....	75
II-4-4/Le temps d'assimilation.....	76
III/La lumière naturelle dans les bâtiments scolaires.....	77
III-1/L'enseillement	80
III-2/Considérations pour la lumière du jour.....	80
III-3/Les règlements et les recommandations de conception des écoles en Algérie.....	86
III-4/Recommandations spécifiques aux lieux d'éducation.....	87
III-5/Constat des écoles en Algérie.....	89

Conclusion.....	91
<u>CHAPITRE V : CONCEPTION AVEC LA LUMIERE NATURELLE DANS LES</u>	
BATIMENTS SCOLAIRES	
Introduction.....	93
I/Planification avec la lumière naturelle	94
I-1/Degré d'assombrissement de l'atmosphère.....	94
I-2/La perception visuelle.....	95
I-3/Orientation visuelle.....	96
I-4/Niveau de perception	97
I-5/Contour, clarté, couleur	97
II/Lumière et espace.....	99
II-1/L'espace trouve son achèvement avec la lumière.....	99
II-2/La lumière dans l'espace	99
II-3/Volume, enceinte de l'espace et éclairage.....	99
II-4/Modèle de vue.....	100
II-5/Lumière et effet de l'espace.....	100
II-6/Ouvertures de lumière en ce qui concerne l'effet, la position et la forme	100
II-7/Ouvertures de lumière dans le contexte de l'enceinte de l'espace	101
II-8/Perception de l'espace.....	101
II-9/La lumière et l'ombre	101
II-10/Lumière et objet d'espace.....	102
II-11/Lumière et couleurs	102
III/Distribution de la lumière dans l'espace.....	103
III-1/La répartition dans l'espace.....	103
III-2/Répartition de la lumière et enceinte de l'espace.....	103
IV/Classification de la lumière.....	107
IV-1/Plans de lumières fondamentaux	107
IV-2/Lumière latérale.....	107
IV-3/Lumière d'en haut.....	108
IV-4/Figuration.....	109
V/L'évolution de la lumière naturelle dans l'architecture.....	111

V-1/Les performances professionnelles.....	111
V-2/L'amélioration de lumière.....	111
Conclusion.....	113

CHAPITRE VI : PRESENTATION DES CAS D'ETUDE

Introduction.....	115
I/Etude de l'éclairage dans la présente recherche	116
I-1/Technique et méthode d'investigation.....	116
I-2/Présentation et situation de la vie.....	116
I-3/Analyse des éléments du climat.....	117
I-3-1/La température de l'air.....	117
I-3-2/L'humidité relative.....	118
I-3-3/Les précipitations.....	119
I-4/Détermination de la zone climatique de la ville de Sétif.....	119
I-4-1/Le vent.....	120
I-5/Analyse bioclimatique de la ville de Sétif.....	120
I-5-1/Application de la méthode de MAHOMEY.....	121
I-5-2/Application de la méthode SZOKOLAY.....	122
II/Choix de l'objet de l'étude.....	125
II-1/Description générale des écoles.....	126
II-1-2/L'école KHABEBA	126
II-1-2-1/Historique de l'école	126
II-1-2-2/Le milieu physique et l'éclairage de l'école.....	128
II-1-3/L'école ZIAD.....	129
II-1-3-1/Historique de l'école	129
II-1-3-2/Le milieu physique et l'éclairage de l'école.....	130
II-1-4/L'école CHEIKH ABDOU.....	131
II-1-4-1/Historique de l'école	131
II-1-4-2/Le milieu physique et l'éclairage de l'école.....	132
II-1-5/L'école BOUGUESSA.....	133
II-1-5-1/Historique de l'école	133
II-1-5-2/Le milieu physique et l'éclairage de l'école.....	135

II-1-6/L'école MIHADDA EL AID.....	135
II-1-6-1/Historique de l'école	135
II-1-6-2/Le milieu physique et l'éclairage de l'école.....	137
II-1-7/L'école TCHEIR.....	137
II-1-7-1/Historique de l'école	137
II-1-7-2/Le milieu physique et l'éclairage de l'école.....	139
III/Récapitulatif des caractéristiques technologiques des différents échantillons.....	140

CHAPITRE VII : ENTRETIEN DES ELEVES

I/Entretien auprès des élèves.....	143
I-1/Pourquoi cette étape ?.....	143
I-2/objectif de cette étape.....	143
I-3/Sélection des participants.....	144
II/Codage des réponses.....	147
III/Interprétation des résultats.....	150.
Conclusion.....	150

CHAPITRE VIII : RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS DE LA COMPAGNE DE MESURE

Introduction.....	152
I/Mesures Janvier orientation EST.....	154
I-1/Résultats et interprétations.....	155
II/Mesures Janvier orientation SUD.....	157
II-1/ Résultats et interprétations.....	158
III/Mesures Avril : type de matériaux.....	161
III-1/ Résultats et interprétations.....	162
IV/Mesures Juillet : orientation OUEST.....	165
IV/1/ Résultats et interprétations.....	166
Conclusion.....	169

CHAPITRE IX : SIMULATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Introduction.....	171
I/Les outils de simulations.....	172
I/1/Les outils numériques de simulation de la lumière naturelle.....	172

I-1-a/outils d'aide à la décision.....	172
I-1-b/ Les outils d'aide à la Conception.....	175
I-1c/Les outils didactiques	177
I-1-d/ Les outils de simulation inverse	179
I-2/Résultats des simulations Radiance	181
II/ Résultats et interprétation des simulations de Radiances.....	182
II-1/ Comparaison entre le taux d'éclairement mesurées et calculés par RADIANCE.....	182
II-1-1/Vérification du taux d'éclairement mesurés et celles simulées par RADIANCE dans l'école Khabeba.....	182
II-1-2/Vérification du taux d'éclairement mesurés et celles simulées par RADIANCE dans l'école Bouguessa.....	183
II-1-3/Comparaison des taux d'éclairement simulés par RADIANCE dans trois écoles différentes : Bouguessa, Khabeba et Ziad, pour une même orientation Est.....	184
II-1-4/Comparaison des taux d'éclairement simulés par RADIANCE dans trois écoles différentes : Tcheir, Khabeba et Mihada, par rapport aux matériaux de constructions.....	185
III/ Résultats et interprétation des simulations d'Ecotect.....	186
Conclusion.....	188
Conclusion générale du mémoire.....	190
Bibliographie.....	194

Liste des figures :

Figure 1-1 : schéma démontrant l'environnement objectif et les environnements subjectifs.

Figure 1-2 : schéma démontrant la relation entre le niveau de confort avec la qualité des ambiances.

Figure 1-3 : Éléments constitutifs des ambiances.

Figure 3.1 : la différence des contraintes visuelles entre les postes dans une seule salle de classe.

Figure 3.2 : Les hauteurs des différentes positions des enfants âgés entre 7 ans et 13 ans (correspondent aux élèves de cycle primaire)

Figure 3.3 : L'acuité visuelle augmente quand l'éclairage croît, mais selon l'âge de l'individu.

Figure 3.4 : le développement de l'acuité visuelle à travers l'âge.

Figure 4.1 : plan et coupe d'une école où se rassemblent les trois principes ; éclairage bilatéral, orientation des ailes nord/sud et protection du côté sud avec le toit avancé. (L'école élémentaire de Kester Avenue, Los Angeles, California).

Figure 3.2 : Les diverses normes et recommandations en matière d'éclairage des salles de classes.

Figure 3.3: la règle de la limite de profondeur.

Figure 3.4: L'évasement de fenêtre pour diminuer le contraste entre la fenêtre et les surfaces intérieures, et ce afin d'éviter l'éblouissement ou de le rendre non évident.

Figure 4.5: les réflectivités recommandées par la société américaine d'éclairagisme pour les bureaux.

Figure 4.6. Modèles des valeurs recommandées de réflectivité.

Figure 5-1 ; schéma des différentes orientations visuelles

Figure 5-2 : Répartition de la lumière dans l'espace avec lumière d'en haut

Figure 5-3 : Interprétation de l'espace, lumière et ombre

Figure 5-4: schéma du catalogue lumière latérale

Figure 5-5 : schéma du catalogue de lumière d'en haut

Figure 5-6: Schéma de figurations lumière d'en haut

Figure 6-1 : Plan de situation de la ville de Setif, Source : auteur

Figure 6-2 : Plan de masse de l'école Khabeba, source : auteur

Figure 6-3 : schéma de l'école Khabeba, source : auteur

Figure 6-4 : Plan de masse de l'école Ziad

Figure 6-5 : schéma de l'école Ziad, source : auteur

Figure 6-6 : Plan de masse de l'école Cheikh Abdou

Figure 6-7 : schéma de l'école cheikh Abdou, source : auteur

Figure 6-8 : Plan de masse de l'école Bouguessa

Figure 6-9 : schéma de l'école Bouguessa, source : auteur

Figure 6-10 : Plan de masse de l'école Mihada Elaid

Figure 6-11 : schéma de l'école Mihada el aid, source : auteur

Figure 6-12 : Plan de masse de l'école Tcheir

Figure 6-13 : schéma de l'école Tcheir, source : auteur

Figure 8-1 : schéma de l'emplacement des différents points des prises de mesures, source : auteur

Figure 8-1 : schéma de l'emplacement des différents points des prises de mesures, source : auteur
 Figure 9-1 : Module d'importation entre Radiance et Ecotect
 Figure 9-2 : Résultats de la simulation sous ecotect
 Figure 9-3 : interface de LUMcalcul
 Figure 9-4 : Diagnostic et recommandations de correction
 Figure 9-5 : Caractérisation de l'espace suivant la méthode floue
 Figure 9-6 : menu interactif Daylight Design
 Figure 9-7 : Principe de fonctionnement
 Figure 9-8 : la problématique vue sous l'angle de la modélisation géométrique
 Figure 9-9 : Localisation et orientation
 Figure 9-10 : Sélection d'une face.
 Figure 9-11 : cartographie du taux d'éclaircements dans la salle de classe 01 de l'école Khabeba a 9h le 18 janvier.
 Figure 9-12 : cartographie du taux d'éclaircements dans la salle de classe 01 de l'école Khabeba a 12h le 18 janvier.
 Figure 9-13 : Cartographie du taux d'éclaircements dans la salle de classe 01 de l'école Khabeba a 17h le 18 janvier.
 Figure 9-14 : Taux d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 9h le 15 avril.
 Figure 9-15 : Taux d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 12h le 15 avril.
 Figure 9-16 : Taux d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 17h le 15 avril.
 Figure 9-17 : comparaison du taux d'éclaircements entre trois salles de classes
 Figure 9-18 : comparaison du taux d'éclaircements entre trois salles de classes
 Figure 9-19 : comparaison du taux d'éclaircements calculer par Ecotect dans l'école Tchei, vue axonométrique.
 Figure 9-20 : comparaison du taux d'éclaircements calculer par Ecotect dans l'école Tchei, vue en plan.

Liste de graphes :

Graphe 6-1 : Température de l'air, source : O.N.M de Setif
 Graphe 6-2 : l'humidité de l'air, source : O.N.M de Setif
 Graphe 6-3 : Précipitation, source : O.N.M de Setif
 Graphe 6-4 : les vents, source : O.N.M de Setif
 Graphe 6-5 : Détermination de la zone de confort, source : auteur
 Graphe 8-1 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 9h, source : auteur
 Graphe 8-2 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 12h, source : auteur
 Graphe 8-3 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 17h, source : auteur
 Graphe 8-4 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 9h, orientation Sud, source : auteur
 Graphe 8-5 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 12h, orientation Sud source : auteur

Graphe 8-6 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 17h, orientation Sud
source : auteur

Graphe 8-7 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois d'avril a 9h, matériaux différents,
source : auteur

Graphe 8-8 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois d'avril a 12h, matériaux différents,
source : auteur

Graphe 8-9 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois d'avril a 17h, matériaux différents,
source : auteur

Graphe 8-10 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest,
source : auteur

Graphe 8-11 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest,
source : auteur

Graphe 8-12 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest,
source : auteur

Liste de tableaux :

Tableau4.1: Eclairage moyen à maintenir en fonction de l'activité (d'après AFE)

Tableau3.2 : le niveau d'éclairage suivant le genre de tâche.

Tableau3.3: Les facteurs de modification pour les valeurs générales d'illumination.

Tableau3.4. les valeurs du facteur de lumière du jour recommandées

Tableau3.5. Les valeurs de la durée d'ensoleillement conseillée pour les locaux scolaires.

Tableau3.6: le niveau d'éclairage standard pour les espaces d'étude.

Tableau 5-1:Exemples de diverses densités lumineuses

Tableau 6-1 : situation de la ville de Sétif, source : auteur

Tableau6-2 : Récapitulatif des caractéristiques technologiques des différents échantillons

Tableau 7-1 : codage des réponses de l'école Khabeba

Tableau 7-2 : codage des réponses de l'école Ziad

Tableau 7-3 : codage des réponses de l'école Tcheir

Tableau 7-4 : codage des réponses de l'école Bouguessa

Tableau 7-5 : codage des réponses de l'école Cheikh abdou

Tableau 7-6 : codage des réponses de l'école Mihada

Liste des figures:

Figure 1-1 : schéma démontrant l'environnement objectif et les environnements subjectifs.

Figure 1-2 : schéma démontrant la relation entre le niveau de confort avec la qualité des ambiances.

Figure 1-3 : Éléments constitutifs des ambiances.

Figure 3.1 : la différence des contraintes visuelles entre les postes dans une seule salle de classe.

Figure 3.2 : Les hauteurs des différentes positions des enfants âgés entre 7 ans et 13ans (correspondent aux élèves de cycle primaire)

Figure 3.3 : L'acuité visuelle augmente quand l'éclairage croît, mais selon l'âge de l'individu. Figure 3.4 : le développement de l'acuité visuelle à travers l'âge.

Figure 4.1 : plan et coupe d'une école où se rassemblent les trois principes; éclairage bilatéral, orientation des ailes nord/sud et protection du côté sud avec le toit avancé. (L'école élémentaire de Kester Avenue, Los Angeles, California).

Figure 3.2 : Les diverses normes et recommandations en matière d'éclairage des salles de classes.

Figure 3.3: la règle de la limite de profondeur.

Figure 3.4: L'évasement de fenêtre pour diminuer le contraste entre la fenêtre et les surfaces intérieures, et ce afin d'éviter l'éblouissement ou de le rendre non évident.

Figure 4.5: les réflectivités recommandées par la société américaine d'éclairagisme pour les bureaux.

Figure 4.6. Modèles des valeurs recommandées de réflectivité.

Figure 5-1 ; schéma des différentes orientations visuelles

Figure 5-2 : Répartition de la lumière dans l'espace avec lumière d'en haut

Figure 5-3 : Interprétation de l'espace, lumière et ombre

Figure 5-4: schéma du catalogue lumière latérale

Figure 5-5 : schéma du catalogue de lumière d'en haut

Figure 5-6: Schéma de figurations lumière d'en haut

Figure 6-1 : Plan de situation de la ville de Setif, Source: auteur

Figure 6-2: Plan de masse de l'école Khabeba, source: auteur

Figure 6-3 : schéma de l'école Khabeba, source: auteur

Figure 6-4 : Plan de masse de l'école Ziad

Figure 6-5 : schéma de l'école Ziad, source: auteur

Figure 6-6 : Plan de masse de l'école Cheikh Abdou

Figure 6-7 : schéma de l'école cheikh Abdou, source: auteur

Figure 6-8: Plan de masse de l'école Bouguessa

Figure 6-9 : schéma de l'école Bouguessa, source: auteur

Figure 6-10 : Plan de masse de l'école Mihada Elaid

Figure 6-11 : schéma de l'école Mihada el aid, source: auteur

Figure 6-12: Plan de masse de l'école Tcheir

Figure 6-13 : schéma de l'école Tcheir, source: auteur

Figure 8-1 : schéma de l'emplacement des différents points des prises de mesures, source : auteur

Figure 8-1 : schéma de l'emplacement des différents points des prises de mesures, source: auteur Figure 9-

1 : Module d'importation entre Radiance et Ecotect

Figure 9-2 : Résultats de la simulation sous ecoteet

Figure 9-3 : interface de LUMcalcul

Figure 9-4 : Diagnostic et recommandations de correction Figure 9-5 :

Caractérisation de l'espace suivant la méthode floue Figure 9-6 : menu

interactif Daylight Design

Figure 9-7 : Principe de fonctionnement

Figure 9-8 : la problématique vue sous l'angle de la modélisation géométrique

Figure 9-9 : Localisation et orientation

Figure 9-10 : Sélection d'une face.

Figure 9-11 : cartographie du taux d'éclaircements dans la salle de classe 01 de l'école Khabeba a 9h le 18 janvier.

Figure 9-12: cartographie du taux d'éclaircements dans la salle de classe 01 de récole Khabeba a 12h le 18 janvier.

Figure 9-13 : Cartographie du taux d'éclaircements dans la salle de classe 01 de récole Khabeba a 17h le 18 janvier.

Figure 9-14 : Taux d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 9h le 15 avril. Figure 9-15

: Taux d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 12h le 15 avril. Figure 9-16 : Taux

d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 17h le 15 avril. Figure 9-17 : comparaison du taux d'éclaircements entre trois salles de classes

Figure 9-18 : comparaison du taux d'éclaircements entre trois salles de classes

Figure 9-19: comparaison du taux d'éclaircements calculer par Ecotect dans récole Tchei, vue axonométrique.

Figure 9-20: comparaison du taux d'éclaircements calculer par Ecotect dans l'école Tchei, vue en plan.

Liste de graphes:

Graphe 6-1 : Température de l'air, source: a.N.M de Setif

Graphe 6-2: l'humidité de l'air, source: a.N.M de Setif

Graphe 6-3 : Précipitation, source: a.N.M de Setif

Graphe 6-4 : les vents, source: a.N.M de Setif

Graphe 6-5 : Détermination de la zone de confort, source: auteur

Graphe 8-1 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 9h, source: auteur

Graphe 8-2 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 12h, source: auteur

Graphe 8-3 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 17h, source: auteur

Graphe 8-4 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 9h, orientation Sud, source: auteur

Graphe 8-5 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 12h, orientation Sud source: auteur

Graphe 8-6 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 17h, orientation Sud source : auteur

Graphe 8-7: comparaison des valeurs des trois écoles le mois d'avril a 9h, matériaux différents, source: auteur

Graphe 8-8: comparaison des valeurs des trois écoles le mois d'avril a 12h, matériaux différents, source: auteur

Graphe 8-9: comparaison des valeurs des trois écoles le mois d'avril a 17h, matériaux différents, source: auteur

Graphe 8-10 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest, source: auteur

Graphe 8-11 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest, source: auteur

Graphe 8-12 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest, source: auteur

Liste de tableaux:

Tableau4.1: Eclairage moyen à maintenir en fonction de l'activité (d'après AFE)

Tableau3.2 : le niveau d'éclairage suivant le genre de tâche.

Tableau3.3: Les facteurs de modification pour les valeurs générales d'illumination.

Tableau3.4.1es valeurs du facteur de lumière du jour recommandées

Tableau3.5. Les valeurs de la durée d'ensoleillement conseillée pour les locaux scolaires.

Tableau3.6: le niveau d'éclairage standard pour les espaces d'étude.

Tableau 5-1 :Exemples de diverses densités lumineuses

Tableau 6-1 : situation de la ville de Sétif, source: auteur

Tableau6-2 : Récapitulatif des caractéristiques technologiques des différents échantillons

Tableau 7-1 : codage des réponses de l'école Khabeba

Tableau 7-2 : codage des réponses de l'école Ziad

Tableau 7-3 : codage des réponses de l'école Tcheir

Tableau 7-4 : codage des réponses de l'école Bouguessa

Tableau 7-5 : codage des réponses de l'école Cheikh abdou

Tableau 7-6 : codage des réponses de l'école Mihada

Introduction:

« ...pour une personne qui dispose de tous ses sens, l'expérience de l'architecture est en premier lieu visuelle et kinesthésique (sens du mouvement des parties du corps humain). Cela ne signifie pas qu'il faille être sourds, insensible à l'odorat et insensible au toucher. Les expériences esthétiques de l'environnement sont globales et il y a même des situations où l'ouïe, l'odorat ou les perceptions tactiles sont plus importantes que la vision et vécus avec une intensité extraordinaire. Il ne faut jamais oublier cela lorsque nous travaillons sur un projet... »¹

De cette citation on peut déterminer que la qualité d'un environnement intérieur dépend de plusieurs facteurs fondamentaux liés directement aux sens de l'être humain, L'ambiance lumineuse de confort est l'une des plus importants paramètres qui doit être fourni pour le bon déroulement de ces tâches.

Dans les espaces éducatifs, l'ambiance intérieure a un grand impact sur ces usagers, notamment sur leur capacité d'assimilation et leur confort (bien être), en se basant sur cette condition, il est important de fournir les conditions les plus adéquates à l'exercice de la tâche pédagogique ainsi que la notion de santé des élèves en milieu scolaire.

Selon Augoyard, il se compose de trois grands axes de recherche dites « science ambiante », à savoir :

- Une qui étudie les conditions thermique,
- Une qui étudie les conditions acoustique,
- et la dernière qui se spécialise dans l'étude des conditions d'éclairage.

Chaque une d'elles a ses propres outils et ses propres méthodes de recherches.

Cependant, la recherche dans les ambiances architecturales peut avoir peut avoir différentes techniques et différents moyens d'investigations car elle peut toucher un champ multidisciplinaire. On distingue de sorte d'orientation, à savoir :

- une qui est dirigée plutôt par les observations objectives de l'environnement basée sur l'ergonomie et les aspects physiologiques de l'être humain,

¹ La dimension cachée Edward T Hall

- la seconde est plutôt basée sur les considérations, études et réflexions subjectives de l'environnement, elle est liée aux aspects psychologiques de la perception.

Le choix de cette présente recherche a été faite sur l'environnement scolaire et l'estimation qu'ont les élèves de leur espace scolaire (la classe) et cela en touchant un seul aspect des ambiances, a savoir l'éclairage.

Problématique :

C'est à travers tous ses sens que l'enfant appréhende le monde : toucher, sentir, voir, entendre puis parler, l'espace est ainsi un langage pour l'enfant avec action et réaction. C'est par excellence le moyen de communication du tout-petit qui ne possède pas encore la maîtrise de son corps et de la parole d'où l'importance des formes, des couleurs, des sons, de la texture. En effet, c'est à travers tous ses paramètres que s'effectue l'apprentissage.

Nous sommes à une époque où la qualité de l'environnement joue un rôle primordial dans le bien être de l'individu et notamment dans le développement de l'enfant.

Pour le Professeur Gordon Murray, ancien président de la Royal Incorporation of Architects in

Scotland, « concevoir des bâtiments éducatifs est à la fois un merveilleux défi et une lourde responsabilité, sachant que ce travail influera sur les jeunes et sur leur attitude à l'égard de l'environnement bâti – peut-être pour toute la vie durant ».

Pour les jeunes enfants, l'éveil et l'apprentissage sont constamment modelés par ce qui les entoure. La lumière est un paramètre déterminant dans la perception de l'espace par l'enfant, en effet, elle permet de se rendre compte du fait que des choses que l'on croyait différentes sont en réalité les mêmes et que des choses que l'on croyait identiques sont en réalité différentes. C'est apprendre les choses qui peuvent exister, être capable de les reconnaître, savoir ce que l'on peut en faire et pouvoir les associer. C'est voir ou pressentir l'édifice que forment les choses, être capable de voir et de tenir compte des détails. Et vu qu'elle est considérée comme étant un élément de l'aménagement intérieur qui permet d'assurer le confort visuel mais aussi de réaliser une ambiance, que sa grande contribution à l'effet que produit un espace sur les personnes qui l'occupent et cela en déterminant différentes sensations, elle n'est toujours pas prise en considération de manière effective lors de la phase de conception ce qui nous amène à penser qu'une mauvaise qualité de la lumière peut participer négativement au développement qualitatif de l'enfant.

Passer d'un espace à un autre et se trouver dans une ambiance lumineuse différente, voir plus clair, ne pas être ébloui, jouer avec son ombre, celle qui grandit et celle qui rapetisse quand on s'approche ou s'éloigne de la source lumineuse, projeter un faisceau lumineux, et tant d'autres jeux qui jouent avec la lumière sont des expériences primordiales dans l'éveil des différents sens de l'enfant, ceci étant possible si on prend en considération la conception de

l'espace. Et comme la couleur participe à cette lumière, un rouge vif peut devenir noir, un local sombre peut devenir un local clair, grâce à une peinture appropriée ! Et ces fenêtres grandes ou petites, hautes ou basses qui permettent de voir, d'être vu et de se cacher.

La couleur, quand a elle, apporte une dimension supplémentaire à l'éclairage. Les comportements humains sont en effet influencés par les réponses émotionnelles à l'environnement, et la couleur est l'un des facteurs principaux de la perception de l'environnement.

L'interprétation de l'espace, l'attribution de la signification de celui ci par l'enfant est complètement différente de celle des adultes.

Notre recherche consistera à essayer de comprendre comment peut-on introduire la qualité de la lumière dans le processus de la conception ?

Comment la lumière peut elle contribuer à une meilleure perception de l'environnement ?

Et comment l'ambiance lumineuse peut elle engendrer à un meilleur confort pour l'éveil des enfants ?

Hypothèses :

Afin de faire face à ses différentes questions, on a proposé la série d'hypothèses qui suit :

- La lumière en tant que paramètre déterminant dans la perception de l'espace par l'enfant est mal exploitée cette défaillance influe sur la conception.
- La qualité de l'ambiance lumineuse inhibe la tâche scolaire chez l'enfant.

Objectifs de l'étude :

En partant des hypothèses qui traitent la qualité de la lumière et son influence sur l'apprentissage des enfants, autrement dit, la prise en considération des ambiances lumineuses de confort dans le processus de conception des établissements scolaires, dont l'objectif est de :

- ✚ faire une recherche de la qualité de lumière et de la considérer comme étant un paramètre à part entière et fondamental dans l'évolution du mécanisme de la conception des établissements scolaires, et surtout des salles de classe,
- ✚ essayer de faire rentrer l'ambiance lumineuse comme élément contribuant à un meilleur confort visuel chez les enfants.

Méthodologie et outils de travail : Structure du mémoire

Cette recherche consiste à analyser l'ambiance lumineuse dans l'environnement scolaire, cinq écoles primaires ont été prises pour exemple d'étude dans la ville de Setif. En vue d'apporter des recommandations sur la manière la plus adéquate pour éclairer une salle de classe.

La recherche est divisée en deux grandes parties : le cadrage théorique et le travail sur terrain.

- **1/Le cadrage théorique :**

Le premier chapitre consiste à faire une définition approfondie des mots clés, à savoir : ambiance lumineuse, confort, espaces pour enfants.

Ce dernier est divisé en quatre parties :

I/La perception de l'espace chez l'enfant:

I/1-La perception chez l'enfant :

La première des choses était de commencer par donner les différentes significations de la perception, puis on s'est intéressé à la perception chez l'enfant plus précisément, il a été

mentionné les différentes parties physique qui entre dans le mécanisme de la perception de manière très brève, puis une grande partie a été consacré aux travaux de J.Piaget sur la psychologie de l'enfant, une analyse de ses œuvres tel que : La représentation de l'espace chez l'enfant, Paris, P.U.F., 1948; ou encore La représentation du monde chez l'enfant, Paris, P.U.F., 1947. De cette analyse est sortie les principales étapes de la formation de l'espace chez l'enfant.

I/2-La vision du monde chez l'enfant :

Dans cette partie, il a été mentionné l'importance de la sensation ainsi que la réception des couleurs et des différents éléments qui composent le monde immédiat qui entoure l'enfant, donc on a une partie qui parle de l'espace, ses différentes définitions et de ce que signifie finalement un espace pour l'enfant, en se basant toujours sur les travaux de J. Piaget, on a réussi à faire une structuration de l'espace selon les différentes tranches d'âge.

II-Les effets de la lumière naturelle sur l'enfant :

Cette partie contient plusieurs recherches faites dans des pays étrangers notamment au Canada et en France.

Le premier cas a eu lieu au département de l'éducation de l'Alberta (Canada) qui a mené pendant deux ans une étude sur l'influence de la lumière sur le développement intellectuel et physique des enfants en milieu scolaire. C'est une étude comparative et les résultats enregistrés après avoir exposé les sujets à quatre types de lumières différentes. Ils ont étudiés l'effet de la lumière plein spectre sur l'enfant super actif ainsi que sur les salles de classes, les résultats démontrent une hausse des résultats scolaires ainsi que la facilité de l'apprentissage et ils ont noté même une baisse au niveau des absences chez les élèves du primaire du à la maladie. Et en conclusion générale on peut dire que :

« A partir des résultats de ces entretiens, il semble que l'on puisse distinguer trois catégories d'enfants correspondant aux diverses significations données du mot lumière:

- Tout d'abord, les enfants pour qui la lumière d'une part signifie spontanément une source de lumière artificielle et d'autre part est localisée à des endroits fortement éclairés. On peut proposer un lien entre ces utilisations du mot lumière, en considérant que pour les enfants, le mot lumière sert à décrire l'ensemble d'une situation d'éclairage : la source et les endroits

fortement éclairés. L'emploi de ce mot est donc à ce niveau encore indifférencié : il permet de décrire une situation globale.

Cette catégorie d'enfants affecte au mot lumière les seules significations que lui donne le langage usuel.

Or ce langage correspond aux phénomènes qui sont directement perçus : sources, lieux éclairés. Ainsi, pour expliquer les phénomènes présentés au cours de l'entretien, les enfants en restent au niveau de la perception et du langage usuel.

- Dans la deuxième catégorie d'enfants, nous considérons ceux qui, dans le cadre précis d'une situation expérimentale et d'un dialogue avec un interlocuteur utilisant la notion et le mot lumière au sens du physicien, répondent aux questions en donnant à ce mot la même signification que, l'interlocuteur. Cependant, ces mêmes enfants, livrés à eux-mêmes, dans un contexte qui n'induit pas à priori, en restent au niveau de la perception et du langage usuel.

- La troisième catégorie correspond aux enfants qui ont la notion de lumière, c'est-à-dire qui affectent des propriétés à ce qui existe entre la source et le récepteur et qui l'appellent lumière. Ces enfants utilisent ainsi le mot lumière dans deux sens, l'un correspondant au sens du physicien et l'autre à celui du langage usuel. »

III-Les paramètres qui font une ambiance lumineuse (qu'est ce qu'une ambiance lumineuse):

On a fait une définition approfondie des ambiances en générale, et des ambiances lumineuses en particulier, il a été mentionné le rôle des différents sens dans la création des ambiances ainsi que la recherche qui se fait dans le domaine des ambiances. On s'est appuyé sur le livre de Marc Crunelle : l'architecture et nos sens. Bruxelles : ULB.1996 ainsi que sur les différents travaux de Augoyard dans son livre : A comme ambiance. On a touché les différentes dimensions pour délimiter au mieux le champ sémantique du concept d'ambiance lumineuse.

Puis vient la décomposition de « faire une ambiance » ou on a essayé de donner des significations approfondies des trois composantes selon différents chercheurs pour aboutir à :

« D'un point de vue sémantique « faire une ambiance » induit donc une idée de causalité. En effet, le « faire une » précise d'une part une création dans le monde interindividuel et d'autre part que celle-ci est unitaire. Placé dans un contexte architectural, « faire une ambiance »

veut dire que l'architecte à travers sa production, sur les formes et les matières, peut entraîner une expérience sensible déterminée préalablement lors de la conception. »

IV/L'importance de l'ambiance lumineuse dans les espaces pour enfants :

La première partie consiste à former tout un vocabulaire de base sur l'éclairage :

Dans la seconde partie, on a établi les critères d'un éclairage de qualité, c'est-à-dire la répartition de la lumière selon l'espace, le niveau d'éclairement adapté à l'usage du local, l'éblouissement et son effet sur l'utilisateur. Puis vient l'étude des locaux d'enseignements pour arriver aux salles de classes : règle simple pour caractériser l'éclairage naturel d'une salle de classe et enfin le rôle essentiel de la fenêtre : fonction d'une fenêtre, L'intérêt de l'éclairage naturel est d'abord qualitatif puis l'intérêt est économique.

Le deuxième chapitre contient l'aperçu sur l'école, la classe, il commence par des définitions générales jusqu'à la recherche épistémologique des concepts en passant par la lumière naturelle et sa conception dans les établissements scolaires

Le troisième chapitre touchera les différentes recommandations internationales concernant l'ensoleillement et l'éclairage des espaces, surtout des salles de classes.

- **2/Le travail sur terrain :**

Cette partie de la recherche a été faite sous forme d'investigation in situ sous forme de :

- Une analyse objective caractérisée par des prises de mesures dans différentes classes (deux classes par écoles avec une différente orientation) et dans des points différents (douze par classe) à raison de trois fois par jours : huit heures, midi et dix sept heures pendant trois périodes Juillet, Janvier et Avril.
- Une deuxième analyse subjective à travers la collecte des opinions des usagers (des élèves entre huit et onze ans) et cela à l'aide d'un questionnaire plus au moins fermé, c'est un entretien qui a pour but de relever la perception que les usagers ont de leur environnement. Les résultats seront traités par le logiciel Ethnos©
- Une troisième analyse faite sous forme de simulation par logiciel (le logiciel utilisé est Ecotect© version 5.50 et Radiance©).

I. Les paramètres qui font une ambiance lumineuse :

1/Où est ce qu'une ambiance?

« Une ambiance architecturale ou urbaine est la synthèse, pour un individu et à un moment donné, des perceptions multiples que lui suggère le lieu qui l'entoure. En ce sens, cette ambiance est unique. L'élaboration de ce lieu architectural ou urbain cumule des savoirs et des savoir-faire provenant de registres variés : arts plastiques, sciences et techniques, sciences sociales... Elle est plurielle. »¹

Les études en ambiances est un nouveau champ qui est divisé en trois disciplines ou de « sciences ambiante » Augoyard 1998, une qui étudie les conditions thermiques de l'environnement, la deuxième qui étudie les conditions acoustiques et l'autre qui traite les conditions d'éclairage.

La relation nature-architecture est depuis longtemps un sujet d'attention critique. Cette relation est maintenant alimentée par un souci commun de préservation de la planète qui a généré un effort de recherche important de la science du bâtiment vers de nouveaux développements techniques associés aux notions de conservation de l'environnement en termes d'énergie et de ressources. Cette approche déterministe a souvent conduit à une dépossession par l'occupant des objets du confort. Aujourd'hui, on assiste à une mouvance de la science vers une réhumanisation de la technologie du confort par l'analyse qualitative, la prédiction et la représentation de la perception des environnements intérieurs et extérieurs sous l'appellation de « maîtrise des ambiances ».

Parmi les qualités perceptibles de l'environnement étudiées dans la démarche de projection architecturale, trois phénomènes physiques interdépendants définissent plus particulièrement ce rapport nature-architecture : la lumière, la thermique et l'acoustique. Ce cours propose l'étude de ces trois domaines de connaissance distincts dans le contexte plus vaste du développement durable afin de saisir comment la création d'une ambiance unique naît des propriétés physiques du lieu, de l'espace et du matériau et quels seront ses impacts sur le confort et la santé des occupants et sur l'environnement en terme d'énergie et de ressources.

Les ambiances physiques réfèrent donc aussi bien aux aspects quantitatifs (énergie, matière) que qualitatifs (perception du confort, bien-être) de l'environnement construit. Une telle approche

¹ Luc Adolphe (1998) Les cahiers de la recherche architecturale

propose que l'enveloppe d'un bâtiment devrait agir comme un filtre entre l'intérieur et l'extérieur pour diminuer la consommation énergétique et optimiser le confort de l'utilisateur. Le concepteur possède donc le pouvoir de moduler d'abord cette interface par les variables de l'architecture dans la résolution de l'équation énergie/confort puis d'intégrer, le cas échéant, des systèmes mécaniques. Cette approche systémique nécessite une investigation aux échelles urbaine (effets micro climatiques locaux), architecturale (organisation spatiale du bâtiment), et matérielle (propriétés physiques/environnementales des matériaux).

En tant que perception sensible de l'environnement urbain et architectural, l'ambiance est une expérience partagée par tout le monde mais le plus souvent difficilement communicable et explicable. Les définitions les plus courantes du terme « ambiance » sont les suivantes :

- « Éléments et dispositifs physiques qui font une ambiance »
- « Atmosphère matérielle et morale qui environne un lieu, une personne ».

Ces définitions nous renvoient d'emblée à la dualité objectif/subjectif et ouvrent la discussion sur la complémentarité des notions d'« ambiances » et d'« ambiance ». Il est en effet possible d'isoler la dimension physique des phénomènes d'ambiance de leur perception sensible et esthétique ou d'associer à l'ambiance générale d'un lieu les différents phénomènes physiques et sensibles qui se rattachent aux ambiances lumineuses, sonores, thermiques, olfactives, etc.

La première direction qui est dirigée par les observations objectives est reliée à l'ergonomie et aux aspects physiologiques de l'être humain, elle est surtout utilisée dans la pratique architecturale, tandis que la deuxième direction, qui est la direction subjective de l'environnement est reliée aux aspects psychologiques de la perception et est donc plus utilisée dans les recherches environnementaux.

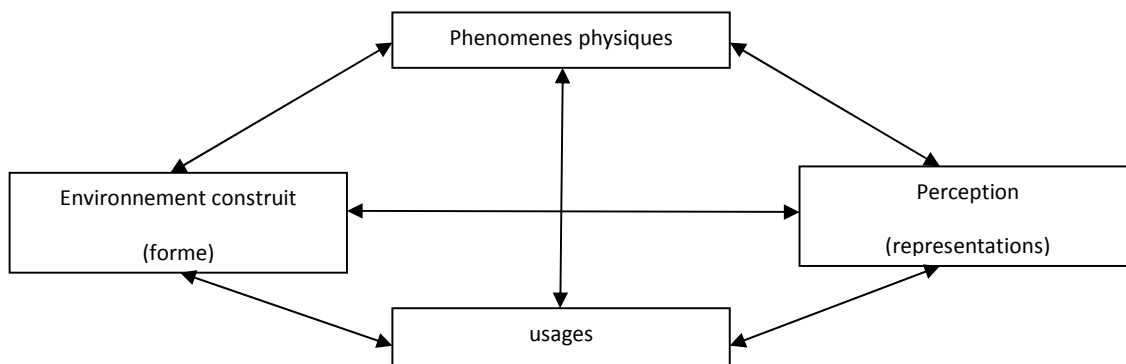


Figure 1 - 1 : Éléments constitutifs des ambiances. Source Arthur Genial Écritures, modèles et simulations dynamiques pour l'architecture – Mémoire de 3ème Cycle « DOMOTIQUE ET CONFORT »

La notion d'ambiance nous permet d'échapper précisément à une trop stricte opposition sujet/objet, c'est-à-dire d'éviter la séparation entre la perception du milieu par un usager et l'objet perçu. Elle articule la connaissance des phénomènes physiques en présence, leurs interactions avec la forme construite, les usages des espaces architecturaux et urbains, la perception de l'usager et ses différentes représentations (voir figure 1). Elle permet également de traverser les échelles spatiales et temporelles.

Paradoxalement, les recherches engagées depuis quelques décennies se sont focalisées sur deux champs complémentaires : l'un se concentrant davantage sur la maîtrise des flux ambiants (lumière, son, chaleur, aéraulique, odeur, ...) s'appuyant sur les sciences pour l'ingénieur et la connaissance des formes urbaines et architecturales, l'autre explorant l'analyse de l'expérience sensible in situ et mobilisant les savoirs sur les usages et les représentations.

Les travaux sur les ambiances articulent les trois composantes qui caractérisent le plus souvent la spécificité de la recherche architecturale : les objets, les sujets, le projet.

- Les objets : il s'agit ici des phénomènes physiques d'ambiances, naturels et anthropiques, qui sont en interaction avec l'environnement construit (bâtiments, infrastructures, ...) et naturel (parcs, végétation, plans d'eau, ...)

- Les sujets : il s'agit des habitants qui pratiquent ou fréquentent les environnements architecturaux et urbains et qui perçoivent et ressentent leur environnement physique (objet) en fonction de leur sensibilité physiologique, psychologique et culturelle (représentations cognitives) et de l'usage de ces lieux ;

- Le projet : l'enjeu est de concevoir un projet urbain ou architectural qui respecte les intentions d'ambiance du concepteur (architecte, urbaniste). Il s'agit d'anticiper les propriétés d'ambiance d'un environnement construit qui n'existe encore pas.

Les travaux sur les ambiances constituent par conséquent une recherche intrinsèquement interdisciplinaire qui marie l'architecture et l'urbain avec les sciences pour l'ingénieur et les sciences humaines et sociales.

« ...pour une personne qui dispose de tous ses sens, l'expérience de l'architecture est en premier lieu visuelle et kinesthésique (sens du mouvement des parties du corps humain). Cela ne signifie pas qu'il faut être sourds, insensible à l'odorat et insensible au toucher. Les expériences esthétiques de l'environnement sont globales et il y a même des situations où l'ouïe, l'odorat ou les perceptions tactiles sont plus importantes que la vision et le vécu avec une intensité

extraordinaire. Il ne faut jamais oublier cela lorsque nous travaillons sur un projet... »²

L'architecture d'aujourd'hui a fait un grand pas en avant en matière de représentation évocatrice de sensations faisant référence à l'expérience personnelle pour révéler son architecture.

La recherche sur les ambiances architecturales et urbaines a su devancer la simple idée et la réglementation qui consiste à une évaluation des phénomènes physiques qui composent une ambiance en proposant une autre approche plus sensible qui prend en compte les différentes sensations de l'homme dans un environnement architectural ou urbain.

L'ambiance fait apparaître l'architecture sous un autre angle, elle fait appel à nos différents sens. Cela explique que la sensation d'un lieu ne peut être faite par une simple analyse paramètre par paramètre car c'est une combinaison d'un ensemble de facteurs qui le composent : la lumière, les sons, les odeurs, la chaleur, les mouvements de l'air.....

Marc Crunelle émet l'idée que « l'architecture est du vécu » [l'architecture et nos sens.Bruxelle : ULB.1996,p143] c'est-à-dire qu'un espace architectural prend sens lorsqu'il est parcouru puisque l'ambiance du lieu diffère d'un individu à un autre.

Cet aspect personnel de l'ambiance conduit vers un questionnement sur sa représentation.

La difficulté, d'après Marc Crunelle, est qu'il faut passer par le visuel d'ensemble des perceptions communiquées par nos différents sens. Ainsi, au fil du temps l'architecte va s'efforcer à trouver une représentation des objets architecturaux qu'il projette dans le lieu sous tous leurs aspects : leurs espaces intérieurs et leurs ambiances qui leur sont associées.

Dans « l'architecture et nos sens » page 29, Marc Crunelle dit : « lorsque nous représentons l'espace architectural, nous représentons que sa matérialité solide et non ses matérialités sonores olfactives, lumineuses ou thermiques ». Cela veut dire que lors de la projection d'un projet, la dimension géométrale est plus représentée que la dimension pittoresque. En effet, le géométral est moins explicite au niveau de la représentation de l'architecture, car il n'adapte pas la représentation des ambiances. Les représentations pittoresques, quant à elles, ont plus une propension pour la représentation d'éléments naturels, d'intégration de personnages, de suggestions poétiques...elles mettent en évidence l'effet de donner l'illusion du réel : « L'illusion d'espace, montrée par le dessinateur capte l'entendement et invite indubitablement le spectateur à s'inclure, ou à se projeter dans l'image. Il n'est plus seulement

² *La dimension cachée* Edward T Hall

question de connaissance, de communication, mais de sentiments et d'émotion » D.Rabreau. Le dessin d'architecture au XVII s. Paris. Ainsi, les architectes vont pouvoir faire une combinaison entre le géométral et la sensibilité de l'espace.

Qu'est ce qu'une ambiance lumineuse :

La lumière naturelle est l'un des éléments essentiels qui contribuent à la qualité de l'architecture en général et des espaces intérieurs en particulier.

De nos jours, paradoxalement, l'élaboration des projets limite des perceptions fonctionnelles relatives à l'éclatement des locaux. Cet aspect quantitatif fondamental n'est pas suffisant pour valoriser les aspects qualitatifs d'un lieu. Il revient donc aux architectes de projeter des ambiances lumineuses qui contribueront dans la sensibilité des espaces sans oublier de satisfaire les exigences de l'éclairage liées aux différents usages des espaces pour une telle approche, en général, les concepteurs vont chercher à déterminer des gestes d'ambiance lumineuse en s'appuyant soit sur leur propre expérience, soit sur celle des autres concepteurs, ils font appel à des références.

En architecture, le terme de « référence » est utilisé pour désigner des « objets de médiation » qui vont permettre aux concepteurs à émettre leurs problèmes et/ou à imaginer des solutions. Elles permettent en amplifiant l'espace de recherche par des « cas précédents » ou par association de diverses idées pour une éventuelle application sur le projet en cours de conception.

Caractériser une ambiance lumineuse :

Une ambiance lumineuse au même titre qu'une ambiance sonore ou thermique, est un phénomène qui relève de points de multiples. Elle renvoie à des phénomènes physiques (propagation des ondes/réflexion ou absorption de la lumière par une matière...) à des phénomènes socio-humains (capacité oculaire, besoin de lumière liés aux usages...) ou encore à des sensibles et esthétiques (sensations liées à la lumière, émotions ressenties dans un espace...). Pour la définition d'une ambiance lumineuse en architecture, on doit allier plusieurs dimensions pour délimiter au mieux le champ sémantique du concept.

Pour Augoyard : « Un ensemble de phénomènes localisé peut exister comme ambiance lorsqu'il répond à quatre conditions :

1/ Les signaux physiques de la situation sont représentables et décomposables.

2/ Les signaux interagissent avec :

-La perception, les émotions et l'action des sujets.

-Les représentations sociales et culturelles.

3/ Les phénomènes composent une organisation spatiale construite.

4/ Le complexe (signaux/percepts/représent). »

C'est le croisement de phénomènes physiques avec un environnement spatial, perçue par l'occupant de cet espace qui est mis en avant. On trouve une définition proche chez Narboni pour qui une ambiance lumineuse est définie comme étant « le résultat d'une interaction entre une ou des lumières, un individu, un espace, et un usage ». cette interaction influence la perception et le ressenti de l'espace illumine.

Dans ces deux approches voisines, les éléments de définition tendent à caractériser une ambiance vécue en mettant en avant l'interposition entre l'espace éclairé et le sujet.

Quand on parle de sensations éprouvées, on parle de connaissance d'une ambiance à un instant donné. De ce fait, l'individu n'est plus un sujet qui interagit avec l'espace réel mais avec l'espace représenté.

On parle donc d'une ambiance lumineuse « représentée » lorsque résultat d'une imbrication entre un individu, un usage connu ou supposé à une lumière naturelle et un espace qui sont représentés. les interactions suivantes sont réunies et visibles.

Lumière naturelle/usage : concerne la qualité et la quantité de lumière.

Lumière naturelle/espace : concerne les effets de la lumière.

Espace/usage : concerne les dispositifs lumineux, les configurations formelles et spatiales.

Déconstruction du « faire une ambiance »

1- Faire : Selon Alain Ray [Ray, 2003] « faire » provient du latin *facere* qui remonte à la racine indo-européenne **dhē-* signifiant: poser pour durer et a donné, entre autre, fonder et créer. « Faire » signifie, dans son acception la plus générale, la notion de réaliser hors de soi.

Cela sous-entend donc la formalisation, la mise en présence, d'une chose dans le monde social et inter-individuel. Ceci marque une nette différence avec l'idée de concevoir, de former un concept, qui est un processus mental et donc par essence personnelle [Prost, 1993].

2- Une : L'adjectif « une » est issu du latin *unus* signifiant : seul, unique. On trouve dans la famille d'*unus* des mots en rapport avec une réalité unique tel que unique, unicité, \ unité [Ray, 2003]. Les contraires de « un, une » sont des mots tel que multiple, divers, varié.

L'adjectif qualificatif « une » vient donc marquer le caractère fini et distinct du terme qu'il précède.

3- Ambiance : La notion du terme ambiance mise en avant lors de ce colloque est sans conteste celle de l'expérience sensible de l'espace¹. Les écrits de Bachelard à Norberg-Schulz, en passant par ceux de Merleau Ponty, composent les fondamentaux de la construction théorique de l'ambiance. Fermement ancrée dans une phénoménologie de l'espace, l'ambiance plonge ses racines dans le champ fertile du vécu. La suite du propos s'axera essentiellement sur cet aspect de l'ambiance. Phénoménologiquement, le terme vécu (Erlebnis) définit l'expérience individuelle du monde dans son épaisseur spatiale et temporelle. Précisons que le vécu ne signifie pas uniquement la dimension noématique de l'expérience mais surtout les actes de conscience eux-mêmes. Autrement dit, ce qui est vécu fait certes référence à mon expérience du monde mais se situe toujours dans la contemporanéité du Moi. Lorsque je pense à une rencontre passée, cette pensée se fait inévitablement dans l'Ici-Maintenant.

L'ambiance est un phénomène au sens plein de la phénoménologie, autrement dit : la conscience d'une expérience sensible. Elle ne se définit donc pas comme un objet ou un substitut d'objet, mais comme une réalité spécifique ; Elle est immanente à l'individu.

Pour autant, on ne peut dire que l'ambiance est un solipsisme. A ce titre, les propos des phénoménologues, tel que Merleau-Ponty, sont particulièrement intéressants dans l'analyse du mot ambiance. Il nous dit qu'exister c'est « être au monde » et que ce monde a une « atmosphère sociale » comme il a une « saveur mortelle » [Merleau-Ponty, 2003]. Aussi, il y a dans l'expérience du monde une situation commune des consciences. Je ne suis plus simplement dans un monde qui se constitue uniquement pour Moi, mais aussi dans un monde que je partage avec un autre. Et cet autre est le lieu d'un certain point de vue, d'un certain traitement des choses. Aussi peut-on envisager que l'ambiance se différencierait du vécu de l'espace en cela qu'elle ne vise pas le caractère personnel de l'expérience sensible mais ses valeurs communes ?

Certaines recherches théoriques [Augoyard, 1998] partant de ce point de départ phénoménologique ont essayé de définir quels étaient les facteurs déterminant une ambiance.

Disons, pour le formuler synthétiquement, que l'ambiance est relative à un Je compris dans ce qui fonde le Moi (représentation, culture, norme sociale, état psychologique...). Mais c'est un Je situé spatialement: Ici. L'ambiance est inévitablement liée aux caractéristiques de cet Ici (présence des choses et d'autrui, situation géographique, climat...). De même que c'est un Je situé temporellement : Maintenant. L'apport de la notion du temps appelle évidemment la dynamique du Moi et de l'Ici, mais doit aussi nous amener à considérer les phénomènes strictement

temporels (l'attente, l'activité, le désir, l'espoir...) [Minkowski, 1995], la situation de l'individu par rapport au devenir.

4- « Faire une ambiance » : D'un point de vue sémantique « faire une ambiance » induit donc une idée de causalité. En effet, le « faire une » précise d'une part une création dans le monde inter-individuel et d'autre part que celle-ci est unitaire. Placé dans un contexte architectural, « faire une ambiance » veut dire que l'architecte à travers sa production, sur les formes et les matières, peut entraîner une expérience sensible déterminée préalablement lors de la conception.³

³ Augoyard J.-F. (2007), A comme Ambiance(s) , Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine, n° 20/21, « L'espace anthropologique »,

II. La perception de l'espace chez l'enfant :

II. 1-La perception chez l'enfant :

II. 1-1/Définitions :

La perception est une connaissance immédiate d'origine sensorielle. Elle est l'ensemble des mécanismes et des processus mentaux par lesquels l'organisme prend connaissance du monde et de son environnement sur la base d'informations recueillies par les sens (ou élaborée par les sens).

II. 1-2/Ou'est-ce que la perception chez l'enfant ?

Actuellement, nous pouvons observer la circulation d'énergie entre les neurones en utilisant les appareils adaptés, très sophistiqués.

La neuropsychologie est l'étude des neurones et de l'énergie qui les traverse. La pensée est le passage d'une énergie électrique sous la forme d'une impulsion entre un neurone et celui qui suit ainsi qu'aux 50 000 autres suivants puis aux 50 000 autres suivants.... Ce qui en fait un réseau très complexe.

Cette transmission d'énergie électrique provoque la libération de certaine substance chimique dont la recherche actuelle connaît très peu (seulement 7 ou 9 connus).

- **-Le cortex :**

Couche assez fine qui recouvre la masse blanchâtre et qui contient la majeure partie des neurones. Il permet la pensée complexe. C'est la formation du cortex qui a permis l'essentiel de l'activité psychique, il permet de réaliser 95% de la pensée. C'est ce qu'on appelle vulgairement la matière grise. Si tous les neurones étaient reliés les uns aux autres, on pourrait faire l'aller retour plus un aller simple sur la lune.

II. 1-3/Développement du réseau neuronal :

L'enfant naît avec un cerveau qui n'a pas atteint sa maturité, le cerveau évolue jusqu'à l'âge de 8 ans. Anomalie qui explique le degré complexe du cerveau humain. Nous sommes responsables de notre capacité à penser et à réfléchir, la concentration est une circulation d'énergie. Une partie des neurones non utilisés vont mourir au profit des autres > création de routes par le cerveau de l'enfant.

II. 1-4/Les récepteurs sensoriels visuels :

L'énergie nécessaire à la vision est la lumière (400 à 700 nanomètres).

Les récepteurs sont les cônes et les bâtonnets.

Les cônes sont relativement peu sensibles à la lumière, ils servent à voir les couleurs, les textures et les détails. Les bâtonnets sont très sensibles à la lumière.

II. 1-5/Piaget, psychologue et épistémologue Suisse (1896-1980)

Pour Piaget, l'intelligence diffère du QI, c'est la capacité à s'adapter à tous les aspects de la réalité. C'est la recherche et la formation d'un équilibre entre son système cognitif et le monde extérieur. Une recherche de stabilité, d'adéquation ; rendre un processus en adéquation à son environnement. Étendre son rapport au monde. Piaget a mis en relation les stades de développement de la pensée, de l'intelligence et d'adaptation que chacun de nous traverse.

Les travaux sur la psychologie de l'enfant abondent, car aux études personnelles de J. Piaget s'ajoutent celles des nombreux pédagogues qui les ont interprétées à leur usage. En outre, déjà, quelques géographes, notamment A. Metton, se sont essayés à découvrir la perception des quartiers urbains par des enfants d'âge scolaire. Des sociologues, des architectes, des urbanistes ont des préoccupations analogues. Qui n'a pas visité quelque exposition de dessins d'enfants sur le thème de « l'enfant et la ville » et admiré ces fresques d'école maternelle où surgissent les paysages de l'environnement quotidien dans la fraîcheur de quelques fleurs éclatantes ou la géométrie aux yeux aveugles de grands immeubles gris ? L'espace est là... Il faut le comprendre. Les travaux de psychologues peuvent à juste titre déconcerter les géographes peu familiers avec un cadre aux dimensions très restreintes, l'univers des objets, de la classe, de la maison. Mais n'est-ce pas l'embryon d'un espace plus vaste à découvrir ? La représentation de l'espace chez l'enfant, de Piaget, consacre de longs chapitres à l'espace du dessin et de la géométrie, mais il aboutit au plan du village. La représentation du monde, du même auteur, s'arrête à l'appréciation

des choses, de la vision, des rêves, mais il découvre aussi avec l'enfant les arbres et les montagnes et s'élève même naturellement vers les astres et vers le ciel.¹

De cette riche production, deux enseignements principaux peuvent être tirés : les étapes de la formation de l'espace vécu, la richesse et la complexité de ses représentations.

Interprétant les travaux de J. Piaget et H. Wallon, J. Guillouet reconnaît quatre étapes principales dans la formation de l'espace vécu chez l'enfant.²

Elles peuvent se résumer ainsi :

- La première enfance, de la naissance à trois ans, aboutit à la « conquête » partielle du cadre familial. Première découverte du monde, extraordinairement riche, elle se décompose elle-même en plusieurs sous-étapes où interviennent successivement l'image maternelle, visage humain en même temps que satisfaction de besoins et de désirs (premiers mois), la coordination sensori-motrice globale, étape importante dans la découverte du corps (six mois), le schéma de « l'objet permanent », de celui qu'on essaie de retrouver même s'il est encore mal situé (un an), la locomotion, les déplacements, une première expérience des distances, directions et localisations (un-deux ans), l'accession au langage, à la fonction symbolique qui détache peu à peu l'action immédiate d'un espace mental, enfin l'émergence de la personnalité du père, le premier à être autre, à la fois proche et lointain, celui qui s'en va hors de la maison et qui revient (trois ans).
- La seconde enfance, de trois à six ans, se caractérise par l'extension du champ d'expérience de la maison à la cour, au jardin, à l'école maternelle. Elle se distingue aussi par un égocentrisme marqué et par l'adhérence étroite aux apparences perceptives les plus réalistes, ce qui n'exclut pas cependant une confusion constante dans la distinction du réel et de l'imaginaire; dans une

¹ J. PIAGET et B. INHELDER, *La représentation de l'espace chez l'enfant*, Paris, P.U.F., 1948; J. PIAGET, *La représentation du monde chez l'enfant*, Paris, P.U.F., 1947.

² J. GUILLOUET, *Esquisse d'une étude de la formation de l'espace vécu chez l'enfant et l'adolescent*, Cahiers de géographie de Caen, 1973.

préhension immédiate des choses, c'est un peu l'âge magique dans l'établissement des rapports de l'enfant et du monde. Ses dessins ont alors une fraîcheur et ses discours une portée cosmique ou métaphysique qu'ils n'oseront plus ensuite jamais reprendre.

- La troisième enfance, de six à douze ans, permet la découverte du village ou du quartier avec quelques incursions encore vagues vers de plus vastes régions; en même temps et surtout, le développement de la sociabilité autorise des rapports de groupe hors de la famille dans le cadre ou hors du cadre scolaire; perdant ses traits d'égoïsme, la vision du monde accède peu à peu à l'objectivité dans un espace euclidien.

- La puberté-adolescence se développe dans une double mutation du corps et de l'affectivité, du monde découvert et du monde à découvrir. La crise se manifeste par le repli ou par le voyage ou par les deux attitudes. L'affirmation personnelle recrée un certain égoïsme au milieu de coordonnées qui sont plus sociales que spatiales. De nouveau, le monde semble se compliquer, et c'est, par un apprentissage aux gestes maladroits, une sorte de deuxième naissance.

Mais, au-delà de la définition de ces étapes, l'étude de la psychologie de l'espace chez l'enfant et l'adolescent montre, dans la complexité des représentations, toute l'épaisseur des valeurs qui lient l'homme jeune puis l'homme au milieu dans lequel il vit. Est-il exagéré d'affirmer que les cinq remarques qui suivent valent pour la vie ?

- Les structures de la perception et de l'intelligence de l'espace se fondent, comme toutes les structures psychologiques, sur des schèmes qui sont de proche en proche adaptés aux situations nouvelles par assimilation et accommodation. L'espace vécu est une expérience continue.

- De la sorte, l'espace vécu doit intégrer la dimension du temps (le temps historique, mais aussi et surtout le temps personnel) ainsi que le mouvement qui est déplacement dans le temps et dans l'espace... « L'enfant vient au monde » : l'expression populaire résume parfaitement ce premier

acte fondamental que prolongeront les gestes, les déplacements, les voyages... L'espace vécu est un espace-mouvement et un espace-temps vécu.

- Par définition, l'espace vécu est égocentrique, centré sur le Moi, et plus particulièrement sur le corps dont on a déjà souligné le rôle (à la naissance, aux premières semaines, au cours des premiers pas, au moment de la puberté...) et dont on pourra de nouveau mesurer l'importance.

- Mais cet espace est aussi peuplé d'autres personnes, la mère, le père, les frères et soeurs, les enseignants, les camarades, les premières grappes d'une société. L'espace vécu est aussi, dès le plus jeune âge, un espace social.

- L'appréciation la plus délicate reste celle qui doit distinguer dans l'activité représentative la part respective du pratique et de l'affectif, du fonctionnel et du magique, du matériel et du mental.

Toutes ces composantes se retrouvent chez l'enfant et probablement chez l'adulte; c'est évidemment affaire de philosophe que de déterminer laquelle prédomine. Mais il faut bien constater que si l'espace vécu accède aux conceptualisations rationnelles de l'intelligence, au raisonnement dans un espace cartésien et euclidien, il se révèle aussi lourd de charges plus obscures où se mêlent les scories de l'affectif, du magique, de l'imaginaire.

II. 1-6/Critiques de Piaget :

Ce modèle a été et est encore utilisé pour structurer notre enseignement.

- Mais pour certain auteur, il existe un 5ème stade qui se concrétiserait par le passage de l'enseignement secondaire à l'enseignement supérieur surtout universitaire dans la mesure où la théorie est étudiée pour la théorie (plaisir de l'étude pour l'étude).

- 1991 : théorie du nouveau né compétant : le nouveau né possède non seulement les capacités perspectives motrices et associationnistes de Piaget mais on y ajoute une théorie qui reconnaît la présence chez le tout petit de concept.

Ex : - à 3 mois, les nouveaux nés comprennent que les objets pleins ne peuvent se traverser mutuellement ; concept de l'objet.

- un objet sans support tombe : concept du poids

- lorsqu'un objet disparaît derrière un autre, il continue d'exister : concept de l'existence.

Ces expériences ne sont pas encore expliquées.³

III. La vision du monde chez l'enfant:

III. 1/Perception :

Si je perçois, c'est que je suis en relation avec un stimulus. Nous sommes tout le temps bombardé par des centaines de stimuli, on ne peut pas tous les recevoir. On va donc instinctivement hiérarchiser, sélectionner ces stimuli. On le fera très vite et inconsciemment.

Ceci dans le but :

- d'éviter de devenir fou

- de se construire un monde cohérent et stable afin de pouvoir interagir avec ce monde.

Construction qui tend vers un monde structuré qui va de paire avec l'image structurée que JE désire, avec l'espace dans lequel je vais vivre.

III. 2/La sensation :

C'est l'ensemble des processus permettant la détection de changements physiques ou chimiques survenant dans l'environnement et dans le corps, c'est aussi la transmission au système nerveux central (au cerveau).

Il existe des stimuli interne ou externe. Les cellules qui les détectent sont les récepteurs sensoriels.

³ Théorie du nouveau né compétant, CAREY & GELMAN, 1991.

1/Energie :

Les cellules réceptives des différents sens ne sont sensibles qu'à une étendue restreinte d'énergie, par exemple, les récepteurs de l'oeil sont sensibles à la lumière mais ils en vont capter qu'une bande étroite du spectre magnétique qui se mesure en longueur d'onde.

Le spectre visible s'étale de 400 à 700 nanomètres.

Ces longueurs d'ondes correspondent à des couleurs

- Violet 400 nm
- Bleu 450 nm
- Bleu vert 475 nm
- Vert 500 nm
- Jaune vert 550 nm
- Jaune 600 nm
- Orange 650 nm
- Rouge 700 nm

En deçà du spectre visible : ultraviolet, rayon X, gamma. Au delà du spectre visible : infra rouge, radar, onde radio...

2. Intensité de l'énergie :

Le seuil absolu :

C'est la densité minimale, l'intensité minimale d'énergie requise pour activer les récepteurs. Ce seuil varie selon les caractéristiques de l'énergie. En deçà de cette limite, il n'y a pas de réponse.

3. L'énergie d'un stimulus doit varier dans le temps ou dans l'espace

Lorsque nos cellules sont en relations avec un stimulus et si cette structure d'énergie reste constante, ce stimulus va perdre de son efficacité au bout d'un moment, les cellules (récepteurs sensoriels) deviennent de moins en moins sensibles à sa présence, c'est le phénomène qu'on appelle l'habituation sensorielle. Les récepteurs sensoriels s'adaptent si les stimuli ne change pas, au point même de devenir insensible à lui.

Habituation sensorielle :

Au bout d'un certain moment, les récepteurs sensoriels s'habituent et ne réagissent plus. Ils répondent à un changement après un moment, ils s'éteignent.

C'est différent pour l'œil qui reste continuellement en mouvement, qui subit tout le temps \ une légère modification dont nous ne sommes pas conscients et qui empêche l'habituation sensorielle.

III. 3-Perception des espaces :

« Accepter qu'un enfant se déplace sans contrôle, c'est lui reconnaître l'indépendance. Lui laisser, lui donner le droit de construire des objets physiques, c'est lui faire entrevoir que l'on peut changer des choses dans le monde... Pour l'homme, les rapports spatiaux sont des rapports de force. »⁴

La notion d'espace est omniprésente dans la majeure partie des disciplines étudiant la connaissance humaine. Il est ainsi question, pour de nombreux chercheurs, de comprendre les processus permettant à l'individu d'appréhender l'espace pour, souvent, en créer des représentations par la suite. Il s'agit alors de comprendre comment ces représentations seront ensuite utilisées afin d'organiser des déplacements.

⁴ Pêcheux (M.G.), Le Développement des rapports des enfants à l'espace, 1990.

Ainsi, il nous arrive parfois d'être perdu, de ne plus savoir de quel côté « partir » pour retrouver notre itinéraire. Pour éviter cela, bien souvent, une solution qui nous paraît évidente est le plan : cette fameuse représentation de l'espace qui doit permettre à tout un chacun de s'orienter. Ainsi, bon nombre de personnes ne peuvent se repérer si le plan n'est pas orienté de la même manière que l'espace réel. Sans compter les personnes qui ne peuvent pas appréhender l'espace, en raison d'une mauvaise lecture de l'information.

Mais ne pas appréhender correctement l'espace n'est pas dû uniquement à une maladresse au niveau de la lecture du plan, il s'agit d'un ensemble de connaissances qui n'ont pas été structurées, ou du moins pas suffisamment.

III. 4/Qu'est-ce que l'espace ?

Définir l'espace semble un acte très difficile. Le petit Robert propose d'ailleurs, à lui seul, plusieurs définitions pour ce terme. Ainsi, l'espace serait, dans la langue courante, « un lieu plus ou moins délimité (où peut se situer quelque chose) ». D'un point de vue philosophique, Lalande définit l'espace comme « un milieu idéal, caractérisé par l'extériorité de ses parties, dans lequel sont localisées nos perceptions et qui contient par conséquent toutes les étendues finies ». Kant, lui, définit l'espace comme « un système de lois réglant la juxtaposition des choses relativement aux figures, grandeurs et distances et permettant la perception ».

Les études en psychologie nous apprennent que l'espace tel qu'on le perçoit, c'est-à-dire l'espace en trois dimensions, correspondrait à une réalité physique et non à une simple représentation de l'espace. Or, en physique contemporaine, la vision de l'espace n'épouse pas notre intuition. De plus, dans la relativité, l'espace n'est pas indépendant du temps (notion d'espace temps) et prend la forme d'un espace courbe qui ne respecte pas la géométrie d'Euclide (ainsi, la ligne droite n'est pas le plus court chemin). À l'instar d'Emmanuel Kant, les travaux en

psychologie semblent donc montrer que notre perception de l'espace est plus liée à nos cadres de pensée et de perception qu'à une réalité physique objective. Notre psychologie de l'espace est donc tributaire de notre champ perceptif.

Si la notion d'espace est, comme nous venons de le voir, abstraite et difficile à définir, retenons, comme l'a dit Bergson, qu'il s'agit du « schéma de notre action possible sur les choses ». Ainsi, il est évident que le développement cognitif et psychologique de l'enfant passe par l'acquisition de connaissances spatiales.

Selon les travaux de Galvez et Brousseau, il existe en fait différents types d'espace. Ainsi, ces derniers ont défini en 1983 des modèles conceptuels différents en fonction des types d'espace considérés. Ils ont défini trois types d'espace avec lequel l'individu peut être en interaction :

- Le micro-espace ou « espace des interactions liées à la manipulation des petits objets »

Selon la formulation de Brousseau (1983)

désigne l'espace qui est proche du sujet ; l'individu peut voir, toucher, et déplacer les objets de cet espace. De plus, le sujet étant à l'extérieur de l'espace, les objets y sont perçus exhaustivement. Il n'est donc pas nécessaire de conceptualiser afin d'appréhender cet espace.

Nous pouvons citer comme micro-espace la table d'un élève.

- Dans le méso-espace ou « espace des déplacements du sujet dans le domaine contrôlé par la vue, les objets sont fixes et mesurent entre 0,5 et 50 fois la taille du sujet ».⁵

En d'autres termes, il est question d'un espace accessible à une vision globale. Les objets y sont semi-fixes ou fixes, visibles selon diverses perspectives. Ici, l'individu est à l'intérieur de l'espace et peut s'y déplacer afin d'observer l'espace selon différents points de vue. Par conséquent, une conceptualisation est nécessaire afin d'appréhender cette espace.

⁵ Ibidem

Citons comme exemple de méso-espace la classe de l'enfant. Nous verrons plus tard le rôle de la maquette dans cette démarche.

- Le macro-espace ou « espace des trajets dans la ville ».⁶

Il s'agit de l'espace accessible uniquement à des visions partielles. Les objets y sont fixes et une partie seulement est sous le contrôle de la vue. Par ailleurs, l'individu est à l'intérieur de l'espace et doit donc coordonner les informations partielles qu'il reçoit. Par conséquent, une conceptualisation est indispensable, pour appréhender cet espace (plan, carte...).

III. 5/La structuration de l'espace selon Piaget :

Les enfants ne sont pas tous au même stade devant la reconnaissance des éléments dans l'espace. Si cela peut être expliqué par une connaissance plus ou moins bonne de l'espace vécu, les différences entre les comportements des enfants devant les rapports spatiaux trouvent écho dans les travaux de Piaget et Inhelder. J. Piaget et B. Inhelder, *La Représentation de l'espace chez l'enfant*, 1972.

Ainsi, ceux-ci ont avancé que l'enfant se développait par stades successifs. En fonction de son âge l'enfant se situe dans l'espace vécu, dans l'espace représenté ou dans l'espace conçu. L'espace vécu est l'espace de l'action et du mouvement. Il correspond à deux stades de développement.

Le premier stade, de la naissance à l'âge de 2 ans, correspond à ce que Piaget nomme le stade du développement-moteur. L'enfant, à partir de réflexes simples et d'habitudes acquises, découvre progressivement son environnement et le développement de ses capacités perceptives et motrices lui permettent de construire l'espace vécu. L'enfant, en manipulant les objets et en

⁶ R. Berthelot et M.-R. Salin, *L'Enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire*, 1992, p. 102.

explorant l'espace avec lequel il est en contact direct, acquiert une connaissance de cet espace.

Ce stade est donc caractérisé par la construction du schème de l'objet permanent et la construction de l'espace proche.

Lors des stades suivants, l'enfant reconstruit en pensée et en représentation ce qui était acquis lors du stade de l'intelligence sensori-motrice.

Pendant le second stade, que Piaget nomme période pré-opératoire (de 2 ans à 6-7 ans), la pensée de l'enfant se constitue en tant qu'intelligence représentative grâce au développement des comportements d'imitation et de représentation.

Par le biais du jeu symbolique, l'enfant s'adapte intellectuellement et affectivement au monde qui l'entoure. Ainsi, l'enfant commence à percevoir l'espace sans que son corps ait besoin de l'expérimenter directement.

L'enfant passe donc d'un espace perceptif à un espace représentatif. Durant cette période, l'enfant va alors découvrir l'espace en ne considérant que les rapports topologiques entre les objets :

- Le rapport de voisinage est le rapport spatial le plus élémentaire et correspond à la proximité des éléments perçus dans un même champ visuel.
- Le rapport de séparation correspond au fait de dissocier deux éléments voisins qui peuvent s'interpénétrer et se confondre en parties.
- Le rapport d'ordre ou de succession est celui qui existe entre des éléments voisins et séparés lorsque nous les situons les uns à la suite des autres (devant, derrière, dessus, dessous...).
- Le rapport d'entourage ou d'enveloppement consiste à percevoir un élément entre deux autres éléments ou entouré par d'autres éléments (intérieur, extérieur, dedans, dehors...).

- Le rapport de continuité, de discontinuité existe dans le cas des lignes ou des surfaces (formes ouvertes ou fermées).

Il est important de noter que c'est à ce stade qu'apparaît l'égoïsme.

En effet, la vision du monde de l'enfant se fera toujours par rapport à lui.

III. 6/L'espace perçu :

entre 6 et 11 ans, l'enfant se situe, dans la conception piagétienne, au stade des opérations concrètes ; il est alors capable de coordonner ces opérations. Ainsi, l'espace euclidien et l'espace projectif se constituent parallèlement l'un à l'autre et sont dérivés de l'espace topologique.

L'espace projectif résulte du fait que l'enfant coordonne les différents points de vue de l'objet dans le plan spatial, et ne considère plus les objets eux mêmes mais par rapport à

l'environnement. De plus, l'enfant coordonne les objets entre eux par rapport à un axe de coordonnées stables, ce qui conduit à l'élaboration de l'espace euclidien.

L'espace conçu correspond à ce Piaget appelle le stade des opérations formelles. L'enfant, vers 11 ans, accède à une logique formelle et l'espace ainsi considéré obéit à des règles précises qui abandonnent l'observation

III. 7/(espace vécu) ou la représentation (espace conçu) :

Il s'agit donc d'un espace conceptuel où les objets sont coordonnés et orientés selon un système de référence stable, extérieur aux objets.

IV. La relation enfant/fenêtre :

Les fenêtres qui équipent les bâtiments affectés au séjour des personnes sont destinées à assurer l'éclairage naturel des locaux et le contact visuel entre l'intérieur et l'extérieur.

Par sa transparence, le verre remplit parfaitement ces fonctions, tout en préservant les locaux des intempéries.

Outre sa contribution à l'esthétique de la façade et au caractère prestigieux du bâtiment, la fenêtre joue un rôle important sur le plan de l'énergie et du confort. L'optimisation des performances de la fenêtre dans ces deux domaines doit cependant répondre à des exigences contradictoires.

IV. 1/Rôle de la fenêtre :

La lumière du jour vient de la nature elle nous parvient par le verre ou une autre matière transparente.

Si on prend l'exemple des maisons à patio romaine, on trouve les toits qui admettent aussi bien la pluie que la lumière, ainsi que la de c'est à dire entre la luminosité de la fenêtre, et son environnement; à tel point où le mur est devenu la fenêtre, et quelque forme de contrôle est exigé pour protéger l'occupant de luminosité excessive.

Le contrôle de la lumière du soleil est nécessaire quelquefois, et beaucoup d'appareils ingénieux ont été conçus pour contrôler la quantité de lumière entrant par la fenêtre et cela pour un confort optimal de l'utilisateur.

L'importance de l'introduction de lumière du jour à l'intérieur du bâtiment peut souvent être mesurée par les méthodes innovatrices employées; ceux-ci incluent l'usage de "pipes légères" où les ouvertures vitrées sont laissées dans le toit avec lumière du jour qui est dirigée à l'intérieur du bâtiment au moyen de conduits réflecteurs, quelquefois associé à des héliostats placés sur le toit pour traquer la course du soleil.

La manière d'utiliser des grandes parois vitrées dans un bâtiment scolaire sans créer un environnement intérieur inconfortable, est un problème architectural bien connu.

Malheureusement, la plupart des architectes le considèrent comme un détail technique et ils laissent les chauffagistes ajouter les équipements de chauffage et de climatisation afin de rendre le bâtiment confortable.

La crise de l'énergie dans les années 70 a provoqué une nouvelle réflexion sur la conception

architecturale et une partie de la profession ont cherché des moyens de concevoir des bâtiments moins dépendants des sources d'énergie artificielles. Les choix technologiques concernant les parois vitrées sont les suivants:

- Soit, la réduction du flux d'énergie avec l'utilisation de fenêtres de petite taille pour réduire les déperditions thermiques aussi bien que les apports solaires,
- Soit, la maîtrise des flux d'énergie qui entrent et qui sortent à travers les surfaces vitrées afin qu'ils puissent assurer les besoins de l'environnement intérieur sans entraver le confort thermique et visuel des occupants.

IV. 2/Fonction d'une fenêtre :

La fenêtre est un des plus complexes et coûteux composants du bâtiment dus au grand nombre de rôles contradictoires qu'elle doit jouer:

- éclairage/occultation,
- vue dehors/recherche d'intimité,
- pénétration du soleil/protection solaire,
- étanchéité/ventilation...
- En plus des qualités techniques nécessaires pour assurer le confort thermique et visuel, la fenêtre doit définir l'organisation de l'espace intérieur et situer l'entrée de la lumière du jour.

Il a toujours été difficile de répondre à toutes ces demandes et certaines priorités dominent la conception traditionnelle des fenêtres. Ainsi, les meilleurs exemples montrent une liaison entre:

- Les dimensions et l'orientation;
- Le climat et les systèmes de protection contre les déperditions thermiques ou les apports solaires.

Traditionnellement, il y a trois fonctions principales associées à une fenêtre: l'éclairage, la ventilation et l'ouverture vers l'extérieur; mais actuellement, la seule fonction spécifique est de permettre la vue dehors, car l'éclairage et la ventilation peuvent être réglés par ailleurs. Les salles de classes réalisés à l'aide de petites fenêtres sont des exemples où la fonction de la paroi vitrée est limitée à la vue vers l'extérieur; L'éclairage des locaux est surtout électrique et la

ventilation est mécanique. Le choix d'une telle solution technologique est dictée par une volonté d'assurer un éclairage et une ventilation optimum à tout moment sans être influencé par le mouvement du Soleil, le passage d'un nuage ou la force du vent. En effet, il est bien difficile de garantir un niveau d'éclairage naturel adéquat toute la journée suivant les saisons et le recours aux techniques 'artificielles' évitent une réflexion poussée.

IV. 3/L'intérêt de l'éclairage naturel est d'abord qualitatif:

- Les variations de luminosité, suivant les heures de la journée, mettent l'architecture en relief et animent l'espace intérieur. Elles fournissent l'information qui fait réagir notre horloge biologique, très sensible chez les enfants;
- Il permet de voir en spectre continue.

Ensuite, l'intérêt est économique:

- Les besoins d'électricité pour l'éclairage sont réduits;
- Les apports solaires peuvent assurer une partie des besoins en chauffage;
- La ventilation naturelle peut éviter la climatisation en été, donc il est important de concevoir un système d'ouvertures qui fonctionne bien, même dans le cas où le renouvellement de l'air en hiver serait assuré par un système de ventilation mécanique.

Ces considérations encouragent la définition des "fonctions anticipées". Par exemple: s'il faut plusieurs fenêtres pour répondre aux besoins d'éclairage, de captage solaire, de ventilation et d'assurer une vue vers l'extérieur, il est préférable de séparer la fonction "visuelle" (vue vers l'extérieur) des fonctions 'énergétiques' (éclairage, chauffage, ventilation) car la conception d'une fenêtre adaptée à une des fonctions n'est probablement pas adaptée aux besoins des autres. Une petite fenêtre au niveau de l'œil suffit pour regarder dehors mais une fenêtre qui doit assurer l'éclairage naturel pendant l'année a besoin d'être relativement grande et munie d'un système de contrôle.

Ceci explique le parti pris par les Architectes du Collège d'Estagel, où les Salles de Classe ont des fenêtres classiques en partie basse pour assurer la vue et l'ouverture vers l'extérieur et des surfaces vitrées avec des Volets Isolants en parties hautes pour couvrir les besoins énergétiques.

Pour choisir le type de vitrage ainsi que le système de contrôle adapté au projet architectural, il faut établir les priorités car il n'y a pas de solution idéale et universelle.

IV. 4/Performance des fenêtres :

De nombreux aspects entrent en jeu lorsqu'on évalue les performances d'une fenêtre du côté de l'énergie et du confort:

- l'isolation thermique : il est souhaitable élevé possible, tant pour la limitation des déperditions calorifiques que pour la prévention des problèmes de condensation intérieure et le confort thermique.
- les gains solaires et leur maîtrise : des gains solaires élevés sont intéressants en période de chauffe car ils contribuent à réduire la consommation d'énergie de chauffage; ils sont en revanche pénalisants en période estivale car ils sont responsables de la surchauffe.

Comme nous l'avons déjà vu, la fenêtre est appelée à jouer des rôles contradictoires en matière de gestion des apports solaires : pour pouvoir bénéficier au maximum des gains solaires en hiver, il est nécessaire que les vitrages présentent un facteur solaire absolu (FSA) le plus élevé possible ; en revanche, il convient de limiter les gains énergétiques, et donc le FSA, en situation estivale afin d'éviter les problèmes de surchauffe des locaux. On distingue cependant une exigence commune aux situations hivernales et estivales: la maximisation des apports lumineux.

De nos jours, d'importants efforts de recherche sont effectués afin de développer des vitrages dont les caractéristiques pourraient être adaptées en fonction des conditions climatiques et des besoins des occupants ; de tels types de vitrages 'actifs' ne seront cependant pas disponibles sur le marché avant plusieurs années.

Jusqu'il y a peu, l'offre en matière de vitrages de contrôle solaire se limitait aux classiques vitrages 'anti-solaires' dont la caractéristique principale est de présenter un FSA réduit dans une mesure plus ou moins importante. Ces vitrages, le plus souvent montés en configuration double, présentent une feuille de verre extérieure absorbante ou réfléchissante. L'incorporation d'oxydes métalliques au verre permet de limiter la transmission solaire et les feuilles de verres ainsi produites absorbent un plus grande fraction du rayonnement solaire. Tant les vitrages clairs qu'absorbants peuvent être recouverts de coatings augmentant leur pouvoir réfléchissant. Il est à noter qu'il est en général possible et même souhaitable, tant pour les performances d'hiver que celles d'été, de combiner pour un même double vitrage des propriétés de contrôle solaire et des caractéristiques d'isolation de type 'haut rendement'.

Un inconvénient majeur des vitrages antisolaires classiques est qu'ils limitent dans une même mesure les apports énergétiques et les apports de lumière du jour : un contrôle solaire relativement efficace ne peut donc être réalisé qu'au prix d'une dégradation considérable et surtout permanente des propriétés de transmission lumineuse.

Il existe depuis peu en Belgique des vitrages dits "sélectifs" combinant un faible facteur FSA et un facteur FLA relativement élevé (par exemple FSA = 35% et FLA=65%). Ces vitrages qui favorisent les apports lumineux sont quasiment à la limite des caractéristiques physiquement réalisables. Ces propriétés sont obtenues grâce à des coatings sélectifs transmettant une part assez importante du rayonnement visible (65%) et une part négligeable du rayonnement non-visible (quelques pour-cent tout au plus).

En conclusion, les vitrages anti-solaires permettent de réduire les apports solaires mais dans une mesure trop faible pour résoudre seuls les problèmes de surchauffe, à moins d'opter pour des vitrages avec une transmission énergétique extrêmement basse mais qui pénalisent alors de façon majeure les apports de lumière du jour. Les nouveaux vitrages sélectifs constituent un progrès considérable dans ce domaine et pourraient, combinés par exemple à une protection solaire extérieure, constituer une solution efficace aux problèmes de surchauffe.

- la transmission de la lumière : à chaque instant, la fenêtre a pour fonction d'assurer un contact visuel et de laisser pénétrer la lumière du jour. On veillera à maximiser ces apports tout en portant attention au confort visuel (éviter l'éblouissement etc.).
- la ventilation : la fenêtre doit aussi être étanche à l'air; on peut cependant y intégrer des dispositifs de ventilation (grilles...) participant à la ventilation de base des locaux mais l'ouvrir pour la ventilation intensive.
- l'acoustique : la fenêtre doit constituer une barrière acoustique efficace vis-à-vis de l'environnement extérieur.

L'isolation acoustique des fenêtres concerne deux types de bruits : les bruits aériens et les bruits de contact. L'isolation aux bruits aériens des fenêtres a généralement pour fonction principale d'isoler l'intérieur du bâtiment des bruits du trafic. Les bruits de contact quant à eux sont principalement provoqués par les impacts des précipitations (grêle ou pluie); ce phénomène est particulièrement critique dans le cas des vitrages inclinés.

L'objectif de cette brochure n'est pas de décrire en détail les caractéristiques et performances acoustiques des fenêtres mais bien de donner un aperçu des points qui méritent attention. performances acoustiques des fenêtres sont pour l'essentiel déterminées par les éléments suivants :

- Isolation acoustique du vitrage, de la menuiserie et des grilles de ventilation
- Raccords entre le vitrage, les grilles de ventilation, les panneaux opaques et la menuiserie,
- Etanchéité à l'air entre ouvrant et dormant et entre menuiserie et façade.

IV. 5/Protection solaire

La protection solaire est aujourd'hui le dispositif le plus efficace pour lutter contre la surchauffe des locaux en période estivale; elle présente en effet les avantages suivants :

- Elle confère à la fenêtre des propriétés variables : levée en hiver, elle permet de profiter des gains solaires pour chauffer l'habitation , abaissée en été, elle limite les apports solaires pour éviter la surchauffe;
- Elle permet de contrôler l'éblouissement. Il convient avant tout de distinguer les protections solaires extérieures et intérieures : les protections solaires intérieures sont certes efficaces pour contrôler l'éblouissement mais présentent des performances médiocres quant à la limitation des apports solaires (voir encadré).

Pourquoi une protection solaire extérieure est-elle plus performante qu'une protection intérieure ? La protection solaire absorbe, réfléchit (et transmet dans certains cas) le rayonnement solaire incident. Lorsque la protection solaire se trouve du côté extérieur du vitrage, celle-ci arrête les rayons incidents et l'échauffement de la protection n'a que peu d'influence sur le climat intérieur. En revanche, dans le cas d'une protection solaire intérieure, les rayons solaires sont interceptés lorsqu'ils ont déjà pénétré dans le bâtiment; l'efficacité de la protection solaire intérieure est donc limitée à la proportion de rayons incidents réfléchis et effectivement transmis vers l'extérieur à travers le vitrage.

V. **Aspects architecturaux d'une ouverture :**

V. **1/Orientation :**

Une répartition inégale des surfaces vitrées selon les différentes orientations exerce une influence considérable sur les gains solaires.

L'orientation des fenêtres vers le sud est thermiquement plus intéressante en raison des gains solaires importants réalisés pendant la saison de chauffe. Typiquement, une répartition de 50 % des fenêtres vers le sud, de 20 % vers l'ouest et l'est et de 10% vers le nord offre une économie d'énergie moyenne de 1,500 kWh par an, par rapport à une répartition égale du vitrage sur les 4 façades. En outre, les fenêtres verticales orientées au sud assurent une meilleure protection contre la surchauffe en été en raison de la position haute du soleil à midi. Globalement, les orientations entre le sud-est et le sud ouest sont les plus avantageuses.

Les grandes surfaces vitrées vers l'est ou l'ouest peuvent entraîner des problèmes de surchauffe des locaux en raison de la position basse du soleil le matin et le soir.

V. **2/Implantation et localisation :**

Vu l'importance de l'orientation des surfaces vitrées, il semble tout aussi déterminant d'optimiser la localisation et l'implantation des habitations. En cas de lotissements orientés vers le soleil, l'on essaiera donc de tenir compte au maximum des gains présumés découlant des surfaces vitrées orientées au sud. De même, lors de l'implantation des blocs d'habitation pour un immeuble à appartements, l'orientation a un impact important sur les éventuelles mesures d'économie d'énergie.

De plus, le choix d'une certaine option pour un lotissement aura des conséquences à très long terme (durée de vie moyenne du lotissement de 250 ans), de sorte qu'une décision judicieuse s'impose.

V. **3/Inclinaison :**

Les surfaces vitrées inclinées (fenêtres de toiture, coupes, toitures de véranda) subissent une grande perte thermique en raison du rayonnement infrarouge vers la voûte céleste.

En outre, elles entraînent d'importants gains solaires lorsque la position du soleil est haute en été. Une bonne protection solaire extérieure (écran ou volet mécanique) est dès lors essentielle pour éviter la surchauffe. Les fenêtres de toiture dans les chambres à coucher présentent par exemple

l'avantage de permettre une bonne pénétration de la lumière du jour dans la pièce et offrent de bonnes possibilités d'aération par ventilation intensive.

V. 4/Dimension des surfaces vitrées :

L'architecture moderne utilise volontiers de grandes surfaces vitrées dans nos habitations et bâtiments récents. Celles-ci donnent plus de transparence, d'ouverture et de prestige au bâtiment. En principe, les grandes surfaces vitrées, orientées vers le soleil, sont intéressantes pour récupérer des gains solaires. Dans la pratique, il convient toutefois d'y apporter quelques nuances. En dépit des progrès technologiques récents, le vitrage présente toujours un pouvoir d'isolation nettement inférieur à celui des parties opaques et les pertes par transmission augmentent considérablement lorsqu'on étend la surface vitrée. De même, le solde des gains solaires et des pertes par transmission dans la demande d'énergie annuelle de la maison est encore légèrement négatif, sauf si les châssis sont pourvus de double vitrage "haut rendement" ($U_f(kf) \leq 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

En ce qui concerne les problèmes éventuels de surchauffe en été et de confort thermique en hiver, il convient d'éviter les trop grandes surfaces vitrées, même lorsqu'elles sont orientées au sud. La pénétration de la lumière du jour sera souvent décisive pour déterminer la dimension des surfaces vitrées. Ici aussi, la modération s'impose : trop de lumière provoque l'éblouissement et un inconfort visuel.

V. 5/Répartition des locaux et compartimentation :

Une bonne répartition des locaux permet de faire un usage optimal de l'orientation de l'habitation et de la distribution des surfaces vitrées sur les différentes façades. D'une manière générale, on orientera de préférence les pièces de séjour et les chambres à coucher au sud et les zones tampons (garage, entrée...) au nord. Une bonne compartimentation permet en outre de maintenir différentes zones de température dans la maison selon leur utilisation.

VI. L'importance de l'ambiance lumineuse dans les espaces pour enfants

VI. 1/Les critères d'un éclairage de qualité :

Ces critères sont principalement :

- une bonne répartition (ou bonne uniformité). Ce critère n'est pas essentiel dans l'habitat.
- un niveau d'éclairement adapté à l'usage du local ou de la zone considérée.
- une absence d'éblouissement dû au contraste excessif des luminances(1),
- une adaptation de l'indice de rendu des couleurs(1) (IRC) à la tâche considérée :
 - . maximal dans un magasin de vêtement, dans une salle de dessin
 - . bon dans un gymnase utilisé pour les compétitions
 - . moyen ou bon dans une salle de classe banalisée

Pour ce critère, l'éclairage naturel est toujours meilleur que l'éclairage artificiel.

VI. 2/Faut in favoriser l'éclairage naturel ?

Les variations de l'éclairement fournissent des informations sur l'heure, le climat ..., ce qui n'est pas sans conséquence sur l'"horloge" biologique des occupants. Cependant, elles peuvent, si elles sont importantes, rendre difficiles le maintien d'un niveau d'éclairement précis. La vision offerte par la lumière du jour se fait selon un spectre continu, généralement mieux équilibré que les lumières artificielles.

VI. 3/Dans les locaux d'enseignement :

L'éclairage naturel des classes est obligatoire, par contre les apports solaires directs sont généralement à éviter en raison de l'éblouissement provoqué.

A contrario, dans les locaux de détente, les halls d'accueil, les circulations, où l'uniformité de l'éclairement n'est pas un critère décisif, les apports solaires directs peuvent participer à l'animation des lieux.

VI. Règles simples pour caractériser l'éclairage naturel d'une salle de classe :

Pour un indice de vitrage corrigé(3) compris entre 9 et 21% et pour un indice de profondeur compris entre 2 et 5, on calcule l'expression $I_{vc} - 5I_p$ et on en déduit 4 catégories de salles :

- si $(I_{vc} - 5I_p) > 5$, l'éclairage naturel est abondant (pas de zone sombre - FJ mini $> 2\%$) ;
- si $0 < (I_{vc} - 5I_p) < 5$, l'éclairage naturel est satisfaisant (zone sombre très limitée - FJ mini = $1,5\%$) ;

- si $-5 < (I_{vc} - 5I_p) < 0$, on peut admettre que l'éclairage naturel du local est admissible (FJ mini de l'ordre de 1%), cependant la zone sombre peut occuper 50% de la surface de la salle et les durées d'utilisation de l'éclairage électrique pourront dépasser le tiers des heures de classes annuelles ;

- si $(I_{vc} - 5I_p) < -5$, l'éclairage naturel du local est insuffisant (FJ mini $< 0,5\%$) et pratiquement l'éclairage électrique fonctionnera pendant toute la durée de l'utilisation de la salle.

Dans cette règle, les paramètres suivants ne sont pas complètement pris en compte :

- la hauteur de l'allège
- la répartition des prises de jour,
- les obstacles ;
- la couleur des parois.

I. L'architecture et le confort:

C'est ici la base de tout confort, la conception architecturale a, au fil du temps, évoluer dans ce sens. Dans la conception des éléments qui forment le projet architectural, certains sont plus disposés à l'amélioration du bien être de l'occupant que d'autres.

On prendra pour exemple des points bien précis qui, selon nous, sont les plus sensibles dans la prise en considération du point de vue confort l'or du processus de conception, à savoir:\

I. 1/Les matériaux :

Le matériau a un rôle considérable dans le confort de la maison; de plus, les progrès réalisés en cette matière sont de date si récente que la plupart des immeubles, même et surtout s'ils sont construits entre 1945 et 1960, sont faits de matériaux perméables à la chaleur ou au froid, et au bruit; les progrès des techniques du gros œuvre ont été pendant près d'un siècle à l'encontre des progrès du confort.

Chaque élément constructif de l'habitat peut contribuer à l'amélioration du confort de ses occupants. Que ce soit pour les sols, les murs ou les cloisons, le choix des matériaux et des couleurs ont une conséquence sur l'ambiance des espaces et donc sur le métabolisme humain.

« Autrefois, les couleurs et la lumière s'harmonisait au hasard, ou selon le goût personnel de la fantaisie. A l'heure actuelle, quelques lois simples commencent à se dégager ; ces lois laissent une immense place au choix individuel, donc aux conceptions intellectuelles et artistiques de chacun d'entre nous (le contraire serait à la fois psychologiquement insupportable et scientifiquement absurde) ; mais la connaissance de quelques réalités objectives évite bien des égarements et des déceptions. »¹

I. 2/Les fenêtres et la lumière

L'emploi des vitres marque une révolution dans l'histoire de l'humanité : la vitre a en effet permis d'ouvrir largement la maison sur l'extérieur, et de faire bénéficier l'intérieur de la lumière naturelle.

Une autre révolution intervient ensuite, c'est l'apparition de l'électricité dans les logements permettant ainsi de créer une lumière artificielle.

Aujourd'hui, nous connaissons avec assez d'exactitude les besoins de l'œil humain.

¹ Jean et Françoise Fourastier, *Histoire du Confort*, Presses Universitaires de France, 1962, Éditions Que-sais-je ?

Une harmonie convenable peut donc être scientifiquement créée par le mariage de la lumière et de la couleur : l'éclairage le plus satisfaisant doit donner le plus possible l'impression de lumière que l'on reçoit à l'ombre par un beau jour d'été.

I. 3/Le climat thermique :

L'éclairage et l'insonorisation peuvent apporter à l'homme dans sa maison urbaine la lumière et le silence de la campagne. Le chauffage permet de prolonger les conditions du printemps et l'organisme peut ainsi se soustraire à cette lutte contre le froid qui restreint presque toutes les activités, et surtout les activités intellectuelles, dès que la température tombe au dessous de 10°. La vie des hommes primitifs était possible seulement dans les pays de climat «tempéré ». Avec l'art du feu commença la vie artificielle, dont les progrès furent très lents, car il y a peu de différence entre le feu des tribus de la préhistoire et la cheminée du siècle de Louis XV. Ensuite l'évolution devint rapide; en quelques décades, une véritable technique du chauffage fut constituée, qui a permis la création d'appareils de plus en plus efficaces, l'utilisation de nombreuses formes d'énergie calorifique, et l'adaptation de la température ambiante aux diverses activités de l'homme.

Les moyens techniques pour garantir à l'homme une température qui corresponde à ses besoins sont de plus en plus nombreux et pratiques. Mais il est essentiel de prendre conscience clairement du but poursuivi par le chauffage des appartements et de savoir qu'une température parfaite en un lieu, peut être pénible, malsaine, ou dangereuse en un autre. Il faut toujours se rappeler que l'homme a besoin de variétés et de réactions. On connaît maintenant les températures idéales correspondant aux principales activités humaines.

Rappelons toujours que le confort n'est pas fait pour un homme théorique et abstrait, mais pour chacun d'entre nous, qui avons de si précises et si imprévisibles réactions individuelles.

L'efficacité des moyens de lutte pour l'existence a étendu la surface habitable de la terre.

L'amélioration du climat intérieur des maisons par le chauffage rend possible le séjour dans des pays froids et permet d'y porter la civilisation ; de même par la réfrigération, les climats tropicaux difficilement supportables pour les européens deviennent également habitables. Mais cette climatisation, du fait de son coût de plus en plus abordable, s'installe progressivement dans l'habitat des pays tempérés pour améliorer cette fois le confort de ses occupants et non plus seulement de lui permettre de s'y installer.

« Telles sont les lignes générales de l'évolution qui porte l'homme à se créer un climat autonome, aussi proche que possible des conditions optima de son existence, et par conséquent aussi indépendant que possible des conditions qui prévalent réellement dans le milieu extérieur, et qui sont si fréquemment défavorables ou hostiles. On voit que cet effort de l'homme tend à transformer sa maison d'abri passif qu'elle était, à l'origine, en machine active, non seulement protégeant du milieu extérieur quand il est hostile, mais créant, et entretenant d'une manière permanente, un milieu aussi favorable que possible, c'est-à-dire aussi humain que possible. Ainsi la machine a pour objet d'humaniser la nature, c'est-à-dire de la contraindre à garantir durablement l'exercice des plus rares facultés intellectuelles et morales qui soient données aux êtres vivants. »²

II. Les différents types de confort :

Comme pour la sécurité, la notion de confort permet de nombreuses interprétations et est difficile à standardiser. Pour l'un, le confort ce sera une température ambiante de 22 degrés, pour un autre, ce sera 18 degrés... Mais dans un bon fauteuil ! C'est un concept qui dépend de nombreux paramètres comme l'âge, le métabolisme, les habitudes, l'environnement, le milieu social ; la dimension subjective étant essentielle. Comme la sécurité, le confort, c'est aussi ce qui ne se remarque pas ; ce qui se remarque c'est l'inconfort. Les différentes approches du confort peuvent être séparées en deux grandes familles : confort d'ambiance (confort thermique, qualité de l'air, nuisances, eau chaude sanitaire), et confort d'usage (mobilier, aménagement, décoration, éclairage, tâches ménagères).

« Tout le monde rêve d'un logement encore plus confortable. La bonne température dans chaque pièce, un éclairage adapté, un air sain partout, une ambiance agréable ... selon votre mode de vie. Il existe de nombreuses solutions pour avoir le confort au bout de ses doigts ».³

On compte cinq sens chez l'être humain :

L'ouïe, l'odorat, le toucher, la vision et le goût. Ce sont des facteurs très importants dans l'élaboration d'un projet avec l'approche de l'ambiance.

² Jean et Françoise Fourastier, *Histoire du Confort*, Presses Universitaires de France, 1962, Éditions Que-sais-je ?

³ <http://www.addi.org> (Association pour le Développement de la Domotique et de l'Immotique)

- L'ouïe : sens qui permet de percevoir les sons. « ...L'ouïe ne participe pas uniquement dans les espaces de spectacles où ses exigences sont notoires ; elle joue son rôle aussi sur les pavées des rues, dans l'escalier, sur le lieu de travail...etc. Une classe scolaire, aussi généreuse, bien disposée, bien éclairée, aussi splendide de composition spatiale soit-elle, devient lieu de souffrance si le temps de résonance de la voie excède certaines limites, que cela provienne des matériaux ou d'un excès de hauteur... ». ⁴
- L'odorat : Celui des cinq sens qui permet de percevoir les odeurs. Parfum de jardin, odeur du bois ou du béton, odeur de cuisine, encens d'église, sécheresse des greniers, poussière, odeurs humides des caves, c'est ce que fait ressentir l'odorat. Il est très important car il marque des instants et des lieux dans la vie.
- Le toucher : Qu'on appelle aussi la sensation tactile occupe une place particulière dans l'architecture et cela pour deux raisons :

Pierre Von Meiss dans son livre « De la forme au lieu » a cité : « *Aujourd'hui, les registres de perception visuelle et sonore sont devenus les matières privilégiées des recherches et des actions sur l'espace. Lorsque l'odeur sera, elle aussi un objet de sensibilisation et d'information du public, la connaissance de l'évolution odorante d'un quartier, d'une ville, d'un paysage tout entier pourra devenir un enjeu de la politique d'aménagement, de la lutte contre les nuisances olfactives et du respect des paysages...* »

Tandis que Kevin Lynch dans son livre « L'image de la cité » dit : « *...à chaque instant, il y a plus que l'œil ne peut voir, plus que l'oreille ne peut entendre, une occasion de découvrir un nouveau décor ou une nouvelle perspective* ».

II. 1/L'approche pluridisciplinaire :

II. 1-2/Le confort hygrothermique:

La minéralisation généralisée des zones urbaines entraîne des surchauffes estivales sensibles dans les villes méditerranéennes et plus généralement dans les climats chauds. La présence de végétation, de fontaines et de bassins a un effet régulateur, renforcé par des dimensions symboliques, des qualités esthétiques et des stimulations multi sensorielles.

⁴ L'image de la cité -Kevin Lynch

Le confort hygrothermique se caractérise par la sensation que ressent une personne par rapport à la température et à l'humidité ambiante. Ses réactions sont d'ordre physiologique (thermorégulation) et psychosociologique.

II. 1-3/Le confort acoustique :

Le confort acoustique a une forte influence sur la qualité de vie au quotidien, chez soi, à l'extérieur ou au travail, ainsi sur les relations de bon voisinage. La nuisance sonore procure souvent des effets négatifs (nervosité, sommeil contrarié, fatigue...) à l'origine de problèmes de santé. Le confort acoustique diffère selon les personnes pour des raisons physiologiques ou psychosociologiques. Il exige en premier lieu la suppression des bruits qui dérangent mais il s'applique également aux bruits que l'on souhaite entendre (parole, musique, oiseaux, mer...). Les nuisances sonores diffèrent selon leur origine. Le bruit en ville est devenu une préoccupation majeure pour les citadins. La gêne ne se traduit pas toujours en termes d'intensité, et l'objectif n'est pas une ville silencieuse que la maîtrise de la qualité de l'environnement sonore.

II. 1-4/Le confort lumineux :

La lumière naturelle nous apparaît comme une référence intangible (sacrée) de notre présence sur terre, tout comme l'eau ou l'air, il n'en est pas de même pour cette même lumière à l'intérieur des constructions. Les quantités de lumières obtenues dans les constructions n'ont cessé d'évoluer à travers les siècles en fonctions du développement des techniques de verre, des structures porteuses. La réalisation d'ambiances lumineuses est une tâche complexe, qui nécessite de prendre en compte des considérations non seulement d'ordre architectural (répartition des zones d'ombre et de lumière, phénomène d'éblouissement) mais également d'ordre physique (mélange de chromaticité des sources, réflexion, transparence) et technique (position et fixation des sources, puissance...).

II. 1-5/Le confort olfactif :

Le paysage olfactif réunit l'ensemble des phénomènes odorants permettant une appréciation sensible et esthétique, autre que visuelle de l'espace. Les odeurs dévoilent à notre nez l'intériorité du paysage, nous livre sa substance, son exubérance, sa vie, sa mort... Senteur diffusé en mosaïque décomposée par le vent, elles tournèrent autour de nous. Les odeurs comme

les couleurs, varient selon l'heure du jour et les odeurs du paysage jouent avec les saisons, de simplement perçu, l'espace devient vécu, senti, renforçant le plaisir d'y être. Odeur de buis, d'herbe, de fruits murs, de goudron, tant d'odeurs bien connues.

III. Les effets de la lumière sur l'enfant :(Etude antérieure)

Lumière naturelle en milieu scolaire :

W. E. Hathaway, J. A. Hargreaves, G. W. Thompson, and D. Novitsky, "A Study Into the Effects of Light on Children of Elementary School Age-A Case of Daylight Robbery," (Edmonton, Alberta, Canada: Alberta Education, 1992).

Le département de l'éducation de l'Alberta (Canada), a mené pendant deux ans une étude sur l'influence de la lumière sur le développement intellectuel et physique des enfants en milieu scolaire. C'est une étude comparative et les résultats enregistrés après avoir exposé les sujets à quatre types de lumières différentes.

Au terme de cette étude, l'analyse des résultats enregistrés a fait apparaître que les élèves ayant travaillé dans un éclairage de lumière plein spectre (avec des résidus d'UV) :

- Ont appris plus vite,
- Ont obtenu de meilleurs résultats scolaires,
- Ont eu 1/3 moins d'absences dues à la maladie,
- Ont eu 2/3 moins de caries dentaires.

Lumière plein spectre et enfants hyperactifs :

John Ott, International Journal of Biosocial Research 1973

Une autre étude a été menée dans une école de Floride sur plusieurs élèves hyperactifs et connaissant des difficultés d'apprentissage. Il en ressort que ceux-ci ont retrouvé un niveau de calme tout à fait normal et ont pu rapidement surmonter leurs difficultés d'apprentissage en étant exposés à un éclairage lumineux à spectre complet. Il y a eu un relèvement significatif du niveau d'apprentissage dans l'ensemble.

Lumière plein spectre dans les salles de classe :

Extrait de l'article paru dans Brain-Mind Bulletin, 09/93, p. 6

Il est désormais tenu pour évident que le développement des enfants peut-être fortement influencé par un facteur que les parents prennent rarement en considération. En effet les résultats scolaires et le développement physique peuvent-être affectés de façon importante par le type de lumière utilisée dans les écoles, ainsi que l'a rapporté le psychologue Warren Hathaway lors de la réunion annuelle de l'American Psychological Association à Toronto.

Tout en confortant et développant les recherches antérieures, Hathaway conclut 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.

Pendant deux années, Warren Hathaway a suivi 327 jeunes, âgés entre 10 à 12 ans dans des écoles utilisant des lampes au sodium, des lumières fluorescentes à spectre complet (avec ou sans UV) et des lumières fluorescentes traditionnelles.

Les élèves figurant dans le groupe exposé à la lumière à spectre complet ont enregistré des progrès scolaires plus rapides, étaient malades moins souvent, et ont enregistré des gains plus importants en grandeur et en poids que ceux exposés à la lumière au sodium ou fluorescente traditionnelle.

"L'éclairage à spectre complet s'est révélé indéniablement meilleur sous tous ses aspects," dit Hathaway. "La lumière fluorescente traditionnelle était à peu près neutre et la lumière au sodium a eu des effets très négatifs. Nous ne savons pas pourquoi, mais quelque chose d'important semble se passer."

Ces résultats renforcent les travaux antérieurs d'Hathaway et ceux d'autres chercheurs.

En 1988, le psychiatre du Vermont, Wayne London, rapporta que l'installation d'éclairage fluorescent à spectre complet dans trois classes d'un établissement scolaire réduisit les jours de maladie du tiers. (Brain-Mind Bulletin, 04/88.)

Un autre chercheur, John Ott, découvrit que la lumière à spectre complet aidait à calmer les élèves hyperactifs.

"Ces données ont surgi ici et là," dit Hathaway. "Nous pensons que c'est peut être la composante bleue de la lumière à spectre complet qui fait la différence, mais nous n'en sommes pas encore certains. Les effets non visibles de la lumière commencent seulement à être découverts."

Lumière naturelle et hausse des résultats scolaires :

Extrait de l'article : C. Peyton, B. S. Writer, Sacramento Bee, 28/06/99.

Quelques rayons de soleil peuvent ils aider à assimiler les leçons? Une nouvelle étude, une des plus vastes jamais menées sur les effets de la lumière naturelle en milieu scolaire, suggère que les enfants apprennent plus vite et réussissent mieux au niveau scolaire en bénéficiant de plus de lumière naturelle.

Les chercheurs ont découvert que les notes s'amélioraient de 26% en lecture et de 20% en mathématiques dans les salles de classe éclairées par de la lumière naturelle.

La recherche, conduite par Fair Oaks Energy, une firme consultante pour Pacific Gas and Electric Co. est un des plus importantes et rigoureuses tentatives menées en ce domaine.

Il a été procédé à l'analyse de test menés sur de plus de 21,000 élèves d'écoles élémentaires dans trois districts de l'ouest des Etats Unis.

Au Capistrano Unified School District en Orange County, où les élèves ont été évalués au début et à la fin de chaque année scolaire, une comparaison de 750 classes a fait ressortir une amélioration supérieure chez celles qui avaient plus de lumière naturelle. Dans ces classes, les élèves ont réussi 2.3 points plus haut en lecture et 2.5 points plus haut en mathématique que les élèves travaillant dans des salles ayant moins de lumière naturelle.

Dans le district de l'école publique de Seattle, où les élèves ont été testés seulement une fois par an, ceux travaillant dans des salles ayant plus de lumière naturelle ont eu des résultats en lecture supérieurs de 13% et des résultats en mathématique supérieurs de 9% par rapport à ceux qui étaient moins exposés à la lumière naturelle. Des évaluations semblables à Fort Collins, (Colorado), ont montré des résultats en lecture et en mathématique supérieurs de 7%.

Heschong indique ne pas connaître la cause d'un tel effet.

" La lumière du jour est une chose très complexe. Elle affecte notre façon de voir, mais influence aussi nos processus biochimiques en affectant notre vigilance" dit-elle.

L'éclairage naturel peut améliorer l'apprentissage :

Extrait d'un article de K. J. Cooper, Washington Post, 26/11/99

Les établissements d'enseignement du pays ont testé de nombreuses méthodes pour remédier aux mauvais résultats scolaires: des programmes alternatifs, de nouvelles méthodes d'enseignement, des nouveaux livres, des professeurs mieux formés, des classes moins chargées, un enseignement post scolaire, des sessions le samedi et même une année scolaire plus longue. Les dirigeants d'établissement scolaires se sont aussi intéressés de plus près à l'espace physique où l'enseignement est délivré, c'est-à-dire à la classe. Une partie de la solution au problème ne consisterait elle pas à améliorer l'éclairage ?

Une firme californienne consultante en architecture pense que c'est le cas, en se basant sur son étude sur l'impact de l'éclairage en classe sur les niveaux de réussite. L'étude poursuivie par le groupe Heschong Mahone (Sacramento) a démontré que les élèves qui suivaient leurs cours dans des classes ayant plus d'éclairage naturel réussissaient 25 % en plus aux examens, que les autres élèves dans la même école.

Cette étude, la première menée de façon rigoureuse en ce domaine, semble confirmer ce que certains architectes pressentaient : les enfants apprennent mieux lorsqu'ils sont éclairés par la lumière du jour. La principale explication à ce fait est que l'éclairage par la lumière naturelle augmente l'apprentissage en stimulant la vue, l'humeur et/ou la santé des élèves et des professeurs.

John B. Lyons, un dirigeant du Département d'Education qui contrôle la construction d'école, est très net sur cette étude "C'est l'une des premières études à démontrer une nette corrélation entre la lumière du jour et la réussite. Il faut vraiment en tenir compte!"

Si cette étude est la première à évaluer l'impact de la lumière du jour sur l'apprentissage, des recherches antérieures faites au Canada ont également démontré que les gains chez les étudiants étaient "significativement plus grands" dans les classes où l'éclairage artificiel s'approchait le plus de celui du soleil, (Etude conduite en 1991 par le Département de l'Education de l'Alberta, mesurant l'impact des différents systèmes d'éclairage artificiels sur les résultats scolaires, la santé et l'assiduité d'élèves d'une école élémentaire).

Les conclusions de la nouvelle étude sur la lumière naturelle, menée à l'initiative de la Société Pacific Gas and Electric Co. vont à l'encontre de la théorie architecturale scolaire des années 1970 qui supprimait les fenêtres dans les classes de façon à ce que les élèves ne soient pas distraits par les allées et venues extérieures.

Les résultats de tests ont été analysés pour plus de 21,000 élèves de Seattle, Fort Collins, Orange County, des régions connaissant différents types de températures.

Un plus grand éclairage naturel a abouti à plus d'effet à Orange County. "Nous avons constaté que les élèves les plus exposés à l'éclairage naturel dans leur classe ont progressé 20 % plus vite dans les tests de mathématique et 26 % plus vite dans les tests de lecture par rapport à ceux qui étaient le moins exposés. De même, dans les classes où il y avait des fenêtres de surface plus grandes, les élèves ont progressé 15 % plus vite en mathématique et 23 % plus vite en lecture."

À Seattle et Fort Collins, l'impact de la lumière naturelle a été un peu moins marqué, l'amélioration des résultats étant de 7% à 18%...

"Nous avons été complètement déconcertés devant l'ampleur de nos découvertes... J'aurais été enchantée de trouver juste 1% à 5 % d'effet," dit Lisa Heschong, un des auteurs de la recherche. "Cela ouvre les yeux."

Eclairage plein spectre en milieu scolaire et absences pour maladie.

Extrait d'une lettre parue dans le journal scientifique THE LANCET, 21 novembre 1987

Le nombre de jours d'absence pour maladie des élèves de l'école élémentaire Green Street, à Brattleboro, (Vermont), a enregistré une baisse significative après la mise en place de lumières fluorescentes à spectre complet.

A titre expérimental, il a été employé pendant les vacances une lumière fluorescente à spectre complet dans trois classes de cette école comportant des élèves âgés entre 5-9 ans. Les trois classes ont été choisies par le directeur de l'école en raison de la diversité de leur emplacement dans le bâtiment.

À la fin de l'année scolaire, j'ai classifié à partir des registres d'absences de l'école le nombre total d'absences par jour dû à la maladie.

La table montre les taux d'absences-maladie pour les trois classes expérimentales, (lumière à spectre complet), puis pour toutes les autres classes de l'école, enfin pour trois classes comparatives sans lumière à spectre complet.

Avant l'introduction de la lumière à spectre complet le taux de maladie dans les trois classes expérimentales n'était pas significativement différent de celui du reste de l'école ou des trois classes comparatives.

Lorsque la lumière à spectre complet a été mise en place, le taux de maladie dans les trois classes expérimentales est devenu plus bas que celui du reste de l'école et des trois classes comparatives.

L'objectif était de vérifier la tendance saisonnière habituelle dans l'école selon laquelle les congés de maladie augmentaient durant les mois d'hiver et de printemps.

Dans les classes sans lumière à spectre complet, le taux de journées de maladie a augmenté significativement de septembre à décembre et de janvier à juin, mais, dans les trois classes avec la lumière à spectre complet, le taux de maladie a au contraire baissé légèrement.

Ni les élèves ni le personnel ni moi-même ne nous attendions à ce que la lumière à spectre complet puisse affecter les absences dues à la maladie.

Une autre recherche a été faite qui porte sur la conception de la lumière que peuvent avoir un certain nombre d'enfants à la fin de l'école élémentaire (dix-douze ans, classe de C.M.2).

Bien que l'enfant rencontre la lumière quotidiennement, cette notion est complexe. En effet, la 'lumière' est émise par des sources «lumineuses» et elle interagit avec des objets sur son passage. Elle a d'une part des propriétés intrinsèques comme la propagation rectiligne.

D'autre part, elle est véhicule d'information pour un de nos sens: la vision. Car c'est aussi une de ses propriétés de porter l'information de la forme, de la couleur, de la dimension d'un objet, acquise lors de son interaction avec lui. Ainsi elle est simultanément objet d'expérience et moyen de connaissances. Mais on ne voit pas la lumière, on voit un objet grâce à la lumière. Et ce double statut est probablement cause de la difficulté majeure dans l'acquisition de la notion de lumière.

Procédure :

Les méthodes d'investigation utilisées ont été choisies de sorte qu'elles imposent le moins possible à l'enfant un outil préfabriqué qui aurait alors enfermé celui-ci dans le cadre de l'expérimentateur:

Une phase exploratoire a consisté en un entretien non directif (END) qui permet de prendre en compte tous les points auxquels un enfant peut faire appel verbalement à propos de la lumière.

Un entretien directif (E.D.) a suivi l'E.N.D. Son but était de fournir des renseignements sur des points que l'enfant n'avait pas traités dans l'E.N.D.

Un questionnaire écrit. Ce questionnaire avait un double but :

- 1) Vérifier sur une plus grande échelle certains résultats des entretiens.
- 2) Apporter des informations supplémentaires par rapport aux entretiens, en particulier à propos du phénomène des ombres.

La mise au point de ce questionnaire a été faite en plusieurs étapes : les entretiens ont permis d'établir un préquestionnaire; celui-ci a été soumis à vingt enfants pris individuellement ou par groupes de trois ou quatre.

Après un premier remaniement, une seconde version a été soumise de la même manière à vingt enfants. Puis la dernière version peu remaniée a été soumise à quatre-vingt-quatorze enfants, soit quatre classes de C.M,2. Le remaniement a essentiellement porté sur la formulation des questions et non sur leur intention.

Résultats :

Les résultats sont présentes sous forme d'une analyse des réponses des enfants sur les différents points traités par le questionnaire : les relations lumière-source; lumière-éclairage; comment sont perçus le jour, les ombres; pour chacun d'eux, nous donnons de plus les analyses correspondantes du contenu des entretiens.

Puis, il est montré comment ces résultats permettent d'évaluer le niveau de maîtrise du concept de lumière par les enfants.

Début de maîtrise du concept de lumière :

Les résultats de l'ensemble des questionnaires montrent que :

1- La majorité des enfants relie la lumière à un éclairage intense, lumière et ses effets sont ainsi confondus.

2- La moitié des enfants interprète le phénomène des ombres en éliminant toute référence explicite à la lumière et un plus grand nombre corrèle l'intensité de 'la source lumineuse avec la taille de l'ombre.

L'ensemble des autres réponses confirment ou ne contredisent pas ces points.

Ces résultats ne permettent pas d'évaluer pour chaque enfant l'état de maîtrise du concept de lumière. Les différentes questions ne sont pas hiérarchisées et très peu de questions sont corrélées.

Cependant, ces questionnaires confirment sur une plus grande échelle les résultats des entretiens qui de par leur nature, permettent une analyse plus fine :

L'étude des treize entretiens non directifs fait ressortir qu'au cours de deux d'entre eux seulement, les enfants attribuent à la 'lumière' des propriétés décrivant son comportement, sans référence à l'origine ou aux effets: «La lumière est transparente.» - «La lumière a des rayons... ». Les autres enfants ont tendance à parler de la lumière en termes de causalité: la lumière -permet de... Il semble donc que les aspects énergétiques de la lumière soient perçus avant les aspects purement descriptifs.

Conclusion :

A partir des résultats de ces entretiens, il semble que l'on puisse distinguer trois catégories d'enfants correspondant aux diverses significations données du mot lumière:

- Tout d'abord, les enfants pour qui la lumière d'une part signifie spontanément une source de lumière artificielle et d'autre part est localisée à des endroits fortement éclairés. On peut proposer un lien entre ces utilisations du mot lumière, en considérant que pour les enfants, le mot lumière sert à décrire l'ensemble d'une situation d'éclairage : la source et les endroits fortement éclairés. L'emploi de ce mot est donc à ce niveau encore indifférencié : il permet de décrire une situation globale.

Cette catégorie d'enfants affecte au mot lumière les seules significations que lui donne le langage usuel.

Or ce langage correspond aux phénomènes qui sont directement perçus : sources, lieux éclairés. Ainsi, pour expliquer les phénomènes présentés au cours de l'entretien, les enfants en restent au niveau de la perception et du langage usuel.

- Dans la deuxième catégorie d'enfants, nous considérons ceux qui, dans le cadre précis d'une situation expérimentale et d'un dialogue avec un interlocuteur utilisant la notion et le mot lumière au sens du physicien, répondent aux questions en donnant à ce mot la même signification que, l'interlocuteur. Cependant, ces mêmes enfants, livrés à eux-mêmes, dans un contexte qui n'induit pas a priori, en restent au niveau de la perception et du langage usuel.

- La troisième catégorie correspond aux enfants qui ont la notion de lumière, c'est-à-dire qui affectent des propriétés à ce qui existe entre la source et le récepteur et qui l'appellent lumière. Ces enfants utilisent ainsi le mot lumière dans deux sens, l'un correspondant au sens du physicien et l'autre à celui du langage usuel.

Conclusion générale :

A partir de ces diverses catégories, on peut se demander quels sont les facteurs qui permettent à l'enfant d'évoluer. Avant toute proposition, il nous semble important de remarquer que la notion de lumière et en particulier celle de sa propagation ne correspond pas à une donnée de la perception : la lumière ne se voit pas et de plus on peut imaginer qu'une source établisse instantanément la lumière dans tous les endroits éclairés, par une action à distance par exemple. En tous les cas, Il n'y a aucun indice expérimental immédiatement perceptible du fait que la lumière se propage.

Introduction :

L'architecture des écoles est devenue un sujet de prédilection lorsque les écoles ont vu le jour, à la fin du XIXe siècle.

Plusieurs ouvrages ou de véritables séries consacrées à la conception des écoles ont été écrits pour répondre au développement de la construction scolaire à l'heure où les créations d'écoles publiques étaient au programme de toutes les démocraties.

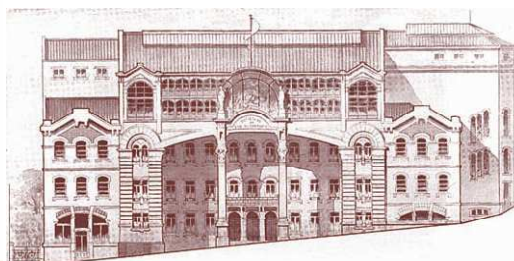
L'histoire des écoles primaires est née dans des limites nationales. Selon les pays, elle a été engagée à des moments différents et n'a pas la même teneur. Le premier article recensé a été publié en Suisse par l'architecte et historien Peter Meyer, en 1932, alors que l'architecture était ébranlée par le Mouvement moderne, dont une des ambitions était de répondre à des programmes sociaux, Mais il faut ensuite attendre la fin de la Seconde Guerre mondiale et le débat sur la conception des nouvelles écoles, suscité par la reconstruction, dont témoignent de nombreuses expositions pour que soient engagés des travaux historiques.

Mais ce n'est que dans les années 1980 que des recherches sur l'histoire de l'architecture scolaire ont été engagées, suscitées par le centenaire des lois scolaires de Jules Ferry, comme en témoignent la publication de Cent ans d'école (Groupe de travail de la maison d'école à Montceau-les-Mines : Cent ans d'école, Seyssel, Champ Vallon, 1981, 200 p. (Contributions de P. Caspard, S. Chassagne, J. Ozouf, A. Prost, Y. Lequin, G. Vincent).) et l'enquête sur la maison d'école lancée par Serge Chassagne. Ces initiatives bénéficiaient du dynamisme d'une recherche dotée de nouvelles institutions et outils.

I. Aperçu de l'évolution des bâtiments scolaires:

En tant que bâtiments publics à usage spécialisé, les équipements scolaires revêtent une importance clé depuis que les gouvernements ont reconnu à leur population un droit à l'éducation (Burgos, 2001).

Les lois concernées à bâtir les édifices scolaires rependent aux principes modernes de confort et d'hygiène ont conduit les architectes à développer des concepts architecturaux à même de répondre aux exigences nouvelles qui pèsent sur l'éducation.



Façades d'écoles construites avant la proclamation de la République (1911) et conçues par Francisco de Almeida Grandella pour ce qu'il appelait ses « cités ouvrières », c'est-à-dire des cités liées à ses intérêts commerciaux. Ces écoles étaient à la fois des lieux d'éducation et des centres civiques. Il convient de noter le classicisme reflétant la montée en puissance des idées républicaines, ainsi que l'étoile au premier plan, symbole de la Franc-maçonnerie.

Siège de l'association « Voz do Operário » à S. Vicente (Lisbonne), conçu au début du XX^e siècle par Norte Junior. Ces bâtiments abritent une école maternelle et une école primaire, mais aussi des bains publics, un cabinet médical, une bibliothèque et un centre d'aide aux personnes âgées. Ces bâtiments publics ont été spécialement conçus pour la fourniture de services éducatifs et sociaux.

Après la deuxième guerre mondiale, une nécessité d'instruire un nombre important d'élèves de divers âges a conduit à la création d'un nombre massif d'écoles qui comptent différents modèles de constructions innovants ont vu le jour dans tout le monde.

Pendant tout le XX^e siècle, les principes de l'architecture moderne ont été appliqués sur ses modèles, parallèlement aux progrès enregistrés en matière de pédagogies, chaque pays a adapté ses modèles selon ses spécificités de contexte national.

Les tous premiers établissements scolaires étaient les rares collèges qui, étaient réservés aux enfants des familles bourgeoises pendant la période de l'ancien régime.

Aux XIX^e siècle dans les grandes villes européennes, une nouvelle méthode d'enseignement fut créée pour l'apprentissage des enfants, elle se faisait dans de grandes salles, et c'est l'enseignement mutuel qui fut pratiqué.

Cette méthode développée à Fribourg par le célèbre pédagogue le Père Girard (1765-1850) avait l'avantage d'alphabétiser et d'instruire un grand nombre d'enfants à des frais très très moindres, et ce n'est qu'en 1807 qu'il obtint l'autorisation de construire une école adéquate à sa pédagogie.

Le père Girard établit les plans de son école, la salle de classe était de forme rectangulaire, elle était assez étendue et cela pour que tous les élèves soient assis, devant chacun d'eux se dressa une tablette, et derrière eux, on laissa un espace assez large pour faciliter la circulation, au alentours, les allées étaient très larges pour pouvoir accueillir les cercles qu'exigeait cette méthode d'apprentissage (Girard, 1818).

Mais malheureusement l'expérience ne dura pas, mais elle fut très fructueuse.

Les types de plans élaborés par le Père Girard ont permis la création des plans modernes des écoles nordiques des années 60 et 70 (Bugnard, 2001).

Grégoire Girard, père franciscain et pédagogue fribourgeois, fut le principal représentant de cette tendance en Suisse. Il décrivait en 1820 la méthode Bell-Lancaster comme "la distribution exacte de l'école entre plusieurs classes; le choix d'un ou plusieurs élèves pour enseigner dans chaque classe; enfin le travail simultané de toutes les sections dans le même local et en même temps". La méthode reposait sur le monitorat et l'enseignement était organisé par sections. Les élèves restaient dans des classes homogènes qui n'étaient pas composées selon l'âge. Les plus avancés servaient, comme moniteurs, d'auxiliaires aux maîtres. L'alternance se faisait entre les groupes qui travaillaient par écrit assis sur les bancs et ceux qui restaient debout le long des murs de la salle de classe pour l'enseignement oral. À la fin d'une période, les places étaient interverties.

À la fin du XIX^e s., l'Europe hésitait encore entre l'enseignement individuel traditionnel ou le nouvel enseignement par classes. En Suisse, l'enseignement mutuel paraissait un bon moyen d'instruire des effectifs croissants. Il se répandit d'abord en Suisse romande, à partir de la France. En 1816, une école fut créée à Fribourg par Grégoire Girard et, la même année, à Lausanne par Frédéric-César de La Harpe, à Genève par Charles Pictet de Rochemont, puis à Neuchâtel par Louis Perret. Le succès de Girard fit qu'on donna son nom aux écoles fondées sur son modèle au Tessin et à quelques autres dans les cantons de Berne, Bâle, Zurich et Argovie (Girardinen). En 1819, le canton de Fribourg décréta que les écoles de campagne pratiqueraient l'enseignement

mutuel en suivant la méthode de Girard. Quarante écoles à Genève, et 73 des 515 classes du canton de Vaud fonctionnaient sur ce modèle en 1828.

Ses détracteurs critiquaient la discipline militaire indispensable à l'enseignement mutuel ainsi que sa forme quasi mécanique. Encore jugé exemplaire en 1820, ce système pédagogique rencontra peu après des résistances, et souffrit des controverses entre tenants d'un enseignement libéral ou conservateur. L'enseignement mutuel fut interdit par le pape Léon XII en 1824. Le mouvement s'essouffla également dans les cantons réformés et disparut dès les années 1830.

L'instruction devint obligatoire à la fin du XIX s tout comme l'architecture scolaire qui était destinée aux enfants du peuple. Ses écoles la ont pris en charge surtout les enfants de la classe ouvrière : hygiène, éducation, control social et discipline.

En Europe, le modèle prussien était le plus répandu : les salles de classes se regroupaient autour d'un hall central qui était utilisé comme espace de regroupement ou de cours en commun. Les salles de classes étaient dotées de fenêtres qui donnaient sur le hall et cela afin de permettre une constante surveillance sur les enfants. Les établissements, vue de dehors donner une certaine rigueur afin de démontrer l'importance de l'éducation et de l'apprentissage.

Des 1907, les écoles dans les villes Suisse commença à apparaitre, elles avaient un style bien particulier : des toits en pente, de cheminés, de amples compliques, des petites tourelles et des clochetons.

Un escalier monumental venait prendre place à l'intérieur du bâtiment et les classes se rangeaient tout le long des corridors. Elles étaient de forme rectangulaire avec de grandes fenêtres et des pupitres vissés au sol. Les enfants furent ordonnés par âge et on les soumit à des plans d'études rigoureux.

Les architectes des années 1907 créèrent un langage architectural pour les écoles, comme on fit pour les églises, les convents, les prison et les usines.

L'architecture fut bouleversée du point de vue historique avec la création du Bauhaus à Weimar en 1919. Le Corbusier organisa le premier congrès international de l'architecture moderne à la Sarraz dans lequel on abstenait à l'académisme et aux constructions monumentales. Les nouvelles techniques avec le béton, le verre et l'acier devaient métamorphoser l'architecture.

Entre les deux guerres, on construisit des écoles de forme de barre d'acier et de verre (Ex : le groupe scolaire Karl Marks de la municipalité de la ville juif construite en 1933 par André Lurçat 1894-1970), ainsi que des écoles pavillonnaires.

Elles furent traitées de tous les maux, c'étaient de véritables casernes, elles étaient à l'image de l'école figée, renfermée sur elle-même, la cohabitation des grands et des petits créa d'énormes problèmes tel que le bruit et des mauvaises conditions de sécurité. Il fallait créer des écoles moins tristes et plus intimes, plus appropriées à l'épanouissement des enfants, et c'est comme ça que naquirent les pavillons scolaires disséminés dans la verdure et les parcs publics.

Tony Garnier (1860-1948) architecte français, est considéré comme étant le père des écoles pavillonnaires.

En général, dans ses écoles ont une parcelle qui relie trois ailes qui abritent chacune quatre salles de classes qui s'ouvrent sur un espace central en plein air.

La philosophie de cette école était de créer une ambiance familiale qui joue un grand rôle dans le développement de l'enfant.

Les pavillons donnaient suite des cours qui étaient sous forme de pelouse ombragées, elles furent en vogue durant les années 1950.

L'architecture scolaire est perçue comme un instrument de changement et de mobilité sociale. Il ne s'agit plus de rappeler l'ordre et les hiérarchies mais de laisser place à l'enfant et ses pédagogues plus différenciés. L'école fut donc, pendant longtemps une pratique qui n'avait pas d'espace réservé.

II. L'apparition des salles de classes:

II. 1/Définition :

L'école est un équipement destiné à l'enseignement. Elle est constituée de plusieurs espaces et annexes, bâtis et non bâtis. En d'autre terme, c'est l'équipement abritant les activités scolaires. Dans sa conception les espaces divers en quatre catégories principales (Roth, A., 1966) :

1. espaces individuels pour les groupes individuels, les salles de classes par exemple ;
2. espaces spéciaux pour les ateliers et les laboratoires ;
3. espaces communs, y compris les bibliothèques, les salles audio-visuelles ;
4. espaces concernés avec l'administration et la maintenance.

II. 2/La salle de classe :

La salle de classe est l'espace le plus important dans l'école, en raison qu'elle constitue le lieu où se déroule la majorité des activités scolaires. Sa conception doit être capable à satisfaire les exigences éducatives et fonctionnelles. Un environnement silencieux et approprié devrait être fourni par la position des salles de classe par rapport aux autres espaces, qui pourraient être une source de bruit, par exemple (Aiche, M., 1987). Ainsi, les espaces destinés à l'enseignement (une salle ou unité de classe) doivent créer un environnement d'une ambiance saine, intime et favorable à l'apprentissage. A cet égard, Alfred Roth détermine quelques critères pour parvenir à un environnement adéquat à l'apprentissage : Forme fonctionnelle dans les trois dimensions ; Surface de l'unité de classe ; Éclairage, aération, construction ; Équipement et mobilier (Roth, A., 1966). À ce travail de recherche on se limite aux conditions de lumière seulement.

II. 3/Critères à considérer pour une conception d'éclairage :

L'éclairage dit fonctionnel ou de tâche est l'éclairage qui laisse exécuter l'activité sans contraintes visuelles). Cependant, on constate souvent que de diverses tâches, avec des différentes et parfois des contradictoires conditions d'éclairage, sont exécutées dans le même

espace. À cet égard, il est nécessaire de donner d'autres considérations aux activités spécifiques. Afin de relever ce défi le groupe de ANSI/IES suggère un aperçu.¹

Cet aperçu est simplifié sous forme d'une série des questions :

Quels genres de tâches sont impliqués ?

Quel est le genre d'occupants ?

Quelles sont les tâches qui règnent en même temps?

Quel est le degré optimum d'exactitude pour la performance visuelle d'une tâche donnée ?

Avant de répondre à ces questions on essaye de donner une vue claire sur le genre d'équipement et d'espace à étudier « l'école primaire » :

Dans la majorité des pays, l'école primaire est l'établissement destiné aux enfants de six ans pour une durée de cinq à six ans. Elle devrait pourvoir tous les élèves du bagage élémentaire fondamental de connaissance. Ainsi elle marque le début de l'autonomie de l'enfant et elle le donne la chance pour l'acquisition d'un certain nombre de connaissances de base (l'apprentissage de la lecture, de l'écriture et du calcul).²

II. 3/1. les genres de tâches:

« Les éclairagistes appellent tâche visuelle l'activité de la perception visuelle d'un objet, d'une situation, bref de tout ce que les yeux cherchent à reconnaître ou identifier...ce terme désigne aussi ce que l'on cherche à voir (sens passif) »³. A partir de cette définition, pour l'école primaire les tâches visuelles d'un élève dans une salle de classe sont essentiellement la lecture et l'écriture. A propos des salles de classes, on limite notre étude sur le type de salle de classe existée dans notre zone d'étude. Elles se caractérisent par un plan régulier, où la table est une tâche visuelle principale et le foyer vers le professeur et le tableau est unidirectionnel pour tous les élèves. D'autre terme, les tâches visuelles exécutées sont : la lecture ou l'écriture au niveau de la table, la lecture du tableau où du dessin d'expression orale, et l'observation du professeur ou d'un autre élève.

¹ Saffidine, D., 2001

² Bugniet-Cury, A. et Souchay, F., 1988

³ Gayet, M.F., 1997

Dans la salle de classe, la distribution des sièges crée un déséquilibre dans les efforts de s'adapter entre les élèves. De ce fait, le problème de la visibilité du tableau se pose fréquemment (Talbi, N., 1998). Par exemple, un élève assis au fond de la classe à 9m du tableau, accomplit quelques tâches visuelles (comme copier ou lire du tableau) avec plus d'efforts que celui assis à 3m (fig.1.7).

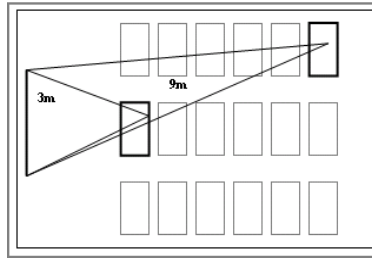


Figure 1.7. La différence des contraintes visuelles entre les postes dans une seule salle de classe.

Source : Journal officiel du grand-duché Luxembourg, 1990.

Il faut noter ici que dans plusieurs programmes scolaires, l'utilisation des appareils média-visuels et des ordinateurs commence de se généraliser dans les cycles primaires. Ce module demande un travail sur les écrans visuels. Bien que cette tâche ne soit pas encore généralisée, on trouve qu'il est important de la décrire. L'individu qui travaille sur ce genre des appareils modifie son angle d'observation passant de l'écran au clavier ou encore à la lecture de son document. Ceci demande une acuité visuelle remarquable et un positionnement des yeux très rapide, en fonction des changements de distance, d'angles visuels et de contraste (ASO, 2001).

II. 3/2. Le genre des occupants :

Les occupants d'une salle de classe du cycle primaire sont des enfants entre 6 et 12 ans. Avant de parler à l'enfant en tant qu'un élève, il est essentiel à noter que l'enfant est en pleine croissance. Par conséquent, il est plus sensible aux dangers liés à l'environnement que les adultes. A la naissance, de nombreuses fonctions vitales (tel le système immunitaire) sont encore immatures, de ce fait les environnements inadéquats peuvent interférer avec leur développement normal⁴.

⁴ O.M.S, 1999

La vision possède un rôle majeur à son acquisition d'informations, sachant que plus de 75% des informations que reçoit et traite le cerveau provient des yeux (Bouvier, F., 1988). Dans le cadre du travail scolaire, plus de 60% des informations sont d'origine visuelle (Minier, F., 2001). Pour bien comprendre il faut énoncer quelques réalités :

Avant de passer aux points concernant la vision et la perception chez l'élève, il faut citer quelques mesures dimensionnelles. L'importance de ce point apparaît au niveau de la hauteur du plan de travail et aux bordures de fenêtres (l'allège et le linteau des fenêtres), voir les chapitres trois et quatre. Ci-dessous, la figure 1.8 donne les hauteur des enfants de différents âges en différentes positions.

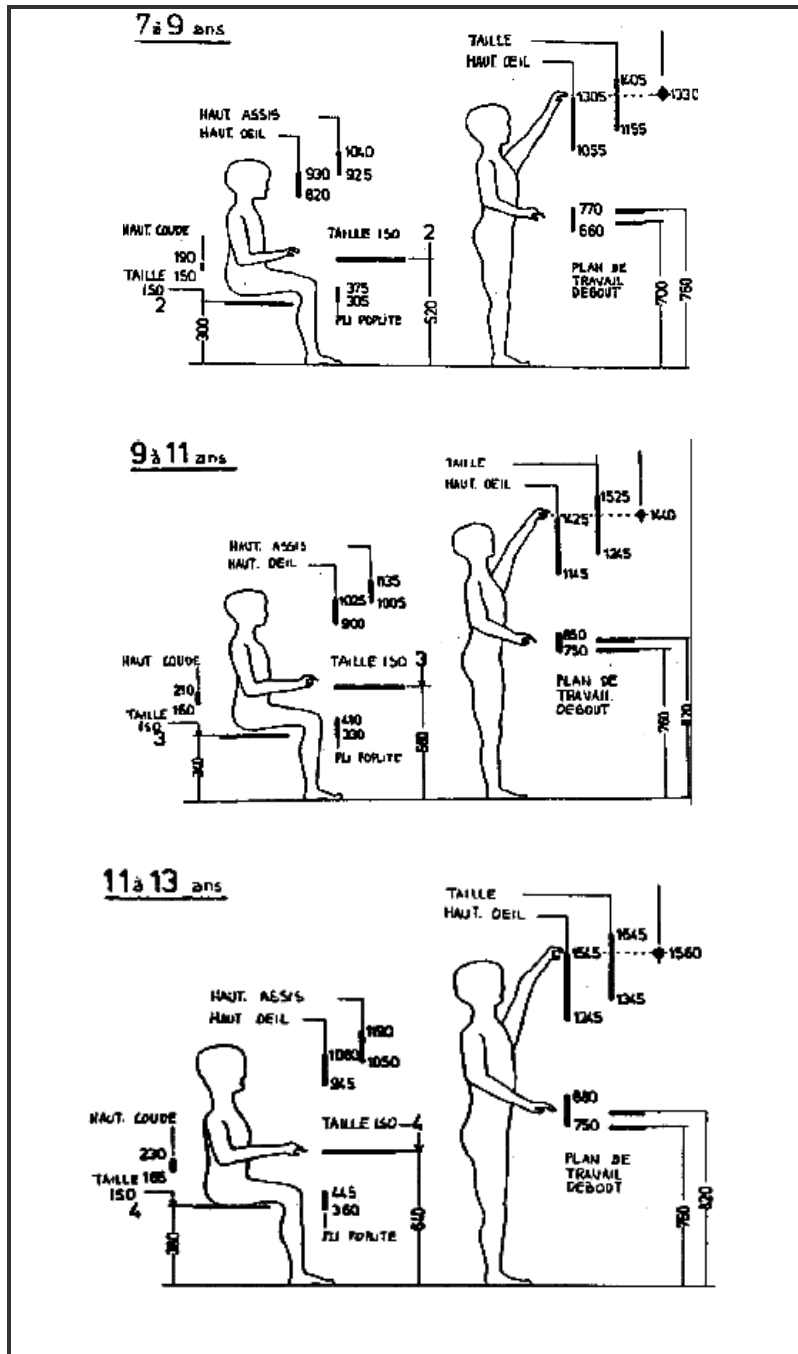


Figure 1.8. Les hauteurs des différentes positions des enfants âgés entre 7 ans et 13ans (correspondent aux élèves de cycle primaire)

Source : Journal officiel du grand-duché Luxembourg, 1990.

1. Le facteur d'âge est pris en considération lors du rapport entre le niveau d'éclairage et la performance visuelle (exécution des tâches) ; un enfant âgé de 6 ans aurait des conditions visuelles différentes d'un adolescent âgé de 15 ans (Tabet Aoul, K., 1991), voir la figure 1.9.

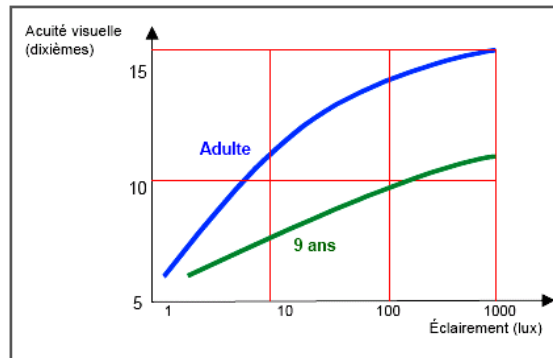


Figure 1.9. L'acuité visuelle augmente quand l'éclairage croît, mais selon l'âge de l'individu.

Source : Minier, F., 2001

2. L'acuité visuelle est le pouvoir séparateur (ou l'inverse de la valeur du plus petit angle sous lequel l'oeil peut encore séparer deux objets paraissant très rapprochés). Elle croît avec l'âge, d'une façon proportionnelle jusqu'à environ 6/7 ans, puis plus lentement pour se stabiliser vers 20 ans (Minier, F., 2001). Une acuité visuelle de 10 ne représente pas le maximum, mais une bonne acuité visuelle moyenne, voir la figure 1.10. Une acuité visuelle déficiente est souvent compensée par des efforts répétés de l'appareil visuel (ASO, 2001).

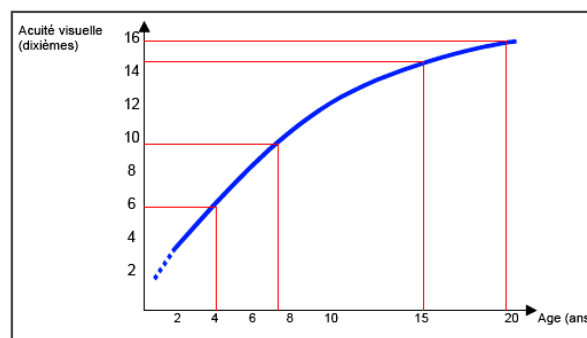


Figure 1.10. le développement de l'acuité visuelle à travers l'âge.

Source : Minier, F., 2001.

3. L'accommodation (l'œil) des enfants est faible durant la naissance et elle se développe par le temps pour devenir entièrement efficace à l'âge de 5 ans. A cet âge, l'accommodation (amplitude) est d'une moyenne de 14 dioptries (12 à 16), ce qui se relie à un point réglé à environ

70 millimètres de l'œil. Les adultes d'une bonne vision peuvent focaliser un objet à une distance de 150 mm de l'œil jusqu'à l'infini (AFE, 1987).

4. L'œil peut s'adapter à un éventail d'états d'éclairage (niveau de luminance variée de 10-6 cd/m² à plus de 105 cd/m²) ; mais il ne peut pas s'adapter à la gamme entière en même temps. À l'intérieur d'un espace éclairé naturellement par des larges fenêtres, les conditions pourraient permettre tous les objets et surfaces à regarder confortablement. Néanmoins regardant la salle de l'extérieur, la fenêtre semblera noire et aucun objet interne n'est évident (CIBSE, 1994).

II. 3/3-La perception :

L'image visuelle du monde est constituée par des variables compliquées de la lumière, de l'ombre, de la couleur et des contours. Les aspects les plus importants de la perception et qui interviennent à la discrimination des objets perçus sont la perception des formes tridimensionnelles et des couleurs (René, V., 1996). C'est une notion trop complexe et trop variable d'un individu à un autre, pour que les critères chiffrés puissent être considérés comme des critères de qualité⁵.

5. Le processus de vision inclut non seulement le fonctionnement physiologique élémentaire mais également la capacité d'analyser les informations par le cerveau. Ce processus entier donne naissance à ce qui est prétendue perception. Ceci peut être largement décrit comme un processus de construire l'hypothèse la plus simple pour expliquer des données (Saffidine, D., 2001). La perception peut être définie simplement en tant que la capacité de traduire les stimuli physiques d'information rétinienne à un objet identifiable. À cet effet, une expérience précédente apporte la signification aux modèles visuels et modifie le système de réaction humaine, ce qui explique le rôle principal de la perception dans le processus de la performance visuelle⁶.

6. Cependant, la perception des formes est un procédé très important pour le développement intellectuel d'enfant. Un jeune enfant possède une perception globale et presque non sélective de son entourage. Avec certaine expérience, la perception devient analytique, précise et objective.

⁵ Gayet, M.F., 1997

⁶ Lekhal, H. et Ellefsen, P.E., 2001).

De ce fait, à l'âge de sept ans et tout au long des années de l'adolescence un homme voit bien, mais en raison du manque d'expérience, il ne perçoit pas assez⁷.

7. La perception des couleurs se développe graduellement au fur et à mesure de l'âge⁸.

8. Certaines couleurs telles que le rouge, sont perçues dès le plus jeune âge, mais ce n'est qu'à partir de 3 ans que l'enfant reconnaît les principales tonalités. Par conséquent, il devrait pouvoir reconnaître et différencier les couleurs à moins que ses capacités de les voir⁹.

9. Physiologiquement, la rétine se compose de cônes et de bâtonnets. La macula contient les cônes responsables de l'acuité visuelle et de la perception des couleurs, mais sensibles uniquement dans la lumière. En allant vers la périphérie, les cônes disparaissent et sont remplacés par des bâtonnets qui assurent la vision périphérique, sensible à de faibles lumières, mais n'assurant pas la vision des couleurs¹⁰. Sous une faible lumière, la vision des couleurs disparaît (la nuit, tous les chats sont gris) en commençant par la perte de la perception du rouge¹¹.

II. 3-4/ Les tâches à accomplir :

10. Les méthodes d'enseignement et le programme pédagogique imposent aux élèves et professeurs d'exécuter certaines tâches scolaires en même temps. Au niveau de nos écoles, la lecture sur des livres et la lecture du tableau où des dessins d'expression orale, seul ou couplé à l'écriture sur les manuels sont les activités quotidiennement exécutées (matin et après-midi) par les élèves du cycle primaire. Ces activités représentent environ 2/3 de toutes les tâches scolaires, Les restantes sont visuellement moins importantes, comme écoutant le professeur, les travaux manuels...etc., voir le premier chapitre de la partie expérimentale.

⁷ Saffidine, D., 2001

⁸ Barbat, V. et al, 2001

⁹ Minier, F., 2001

¹⁰ Bussac, M. et Zuppiroli, L., 2001

¹¹ Lekhal, H. et Ellefsen, P.E., 2001

II. 4/ Le degré optimum d'exactitude de la performance visuelle :

II. 4-1/ La performance visuelle :

11. La performance visuelle caractérise à la fois la vitesse et la précision avec laquelle la tâche visuelle est exécutée. Ce critère vise à assurer l'efficacité visuelle. Celle-ci n'est pas facile à définir du fait que la performance dépend au moins de trois facteurs : le niveau d'éclairage, la dimension de l'objet éclairé et l'inverse de sa distance par rapport à l'œil, et enfin le contraste de couleur et de luminance (Roy, M.A., 1993). A titre d'exemple, après un accroissement rapide jusqu'à 100lux, la performance continue de croître de façon lente jusqu'à des valeurs très élevées de luminance, avant de s'abaisser en raison de l'éblouissement perturbateur¹².

12. En plus, l'acuité visuelle est un critère inhérent pour une certaine exactitude dans la performance des tâches, notamment pour la capacité de voir les détails fins. Dans le cas du travail scolaire, l'acuité visuelle est importante particulièrement pour accomplir soit les tâches de lecture ou de l'écriture au niveau de la table, soit lisant du tableau. Cependant, la vision automatique du loin et de proche influe largement dans la performance de la tâche visuelle. Sa difficulté dépend essentiellement des contrastes par rapport à l'environnement immédiat qu'on appelle le fond, aux dimensions et à la durée nécessaire pour la perception.

II. 4-2/ le contraste :

La visibilité d'un détail est en rapport avec la différence de la luminance et de la couleur entre le détail et le fond. Par conséquent, la performance visuelle est en relation proportionnelle avec le contraste. Par exemple : Si le contraste est élevé, l'éclairage nécessaire est 3 fois moins élevé que si le contraste est moyen (le cas de la plupart des tâches visuelles) et 10 fois plus élevé dans le cas inverse (détails difficiles à percevoir) (Denoëud, B., 2002).

$$\text{le contraste} = \frac{\text{luminance du détail} - \text{luminance du fond}}{\text{luminance du fond}} \dots\dots\dots (1) \text{ (Denoëud, B., 2002)}$$

Concernant la différence de couleur détail/fond, dans une salle de classe un contraste important de couleur entre le fond du tableau et les couleurs des craies ou des feutres est

¹² Denoëud, B., 2002

recommandé. Sur un tableau (noir ou vert) la craie blanche ou le feutre noir sur tableau blanc seront les plus visibles. Les craies de couleurs complémentaires au fond ; rouge/orange pour un fond vert foncé par exemple seront plus visibles que les couleurs qui sont proches sur le cercle chromatique : craie bleue par exemple.

Le manuel d'éclairage (IES, 2000) recommande :

- ❖ D'inclure les stylos feutre au lieu des stylos à bille ;
- ❖ D'employer un type d'encre non brillant pour faciliter la lisibilité des détails ;
- ❖ D'utiliser des papiers mats pour les livres et les cahiers.
- ❖ Enfin, les professeurs doivent écrire sur le tableau avec des grands caractères.

II. 4-3// taille et dimension du détail :

Sachant que, La lisibilité d'un détail de 2cm nécessite une acuité visuelle de 3/10 à 5m et de 6/10 à 10m. Dans le cas d'un livre ou document, la dimension des caractères préconisés varie selon l'âge des élèves. À titre d'exemple, une écriture de 12 est préconisé pour l'enseignement dans le premier degré et une écriture de 10 est préconisé pour l'enseignement dans le second degré.

Le groupe d'ANSI/IES, recommande les tailles d'impression de dactylographie suivantes :

- ❖ Le type 6. point : employé pour la lecture courte seulement.
- ❖ Le type 8.point : considéré comme une taille juste acceptable pour la bonne lisibilité.
- ❖ Le type 10.point : est la taille la plus raisonnable pour la lecture prolongée ou continue, on l'établit même comme type acceptable ; taille minimum pour les manuels. Cependant, les enfants sont en besoin d'un plus grand type de taille avec un espacement proportionnel entre les lignes.
- ❖ Enfin, le type 12.point : recommandé pour la lecture continue sur une longue période, afin d'éviter la fatigue visuelle d'œil.
- ❖ Avec l'utilisation des logiciels du traitement de texte, le Word par exemple, les valeurs équivalentes, respectivement, à celles citées ci-dessous sont (Saffidine, D., 2001):
- ❖ 8. point au lieu de 6.point
- ❖ 10. point au lieu de 8.point
- ❖ 12. point au lieu de 10.point
- ❖ 14. point au lieu de 12.point.

II. 4-4/ le temps d'assimilation :

L'œil assimile des détails un par un, il concentre sur un détail pour l'assimiler puis se déplace au prochain. Cependant, dans des conditions de visibilité faible (petite taille des détails, une luminance ou un contraste de couleur faible) la performance et la vitesse de l'assimilation visuelle diminuent, ce qui peut créer des contraintes à l'exécution des tâches scolaires. L'exactitude est plus importante pour quelques tâches que d'autres. Par exemple en lisant un mot, même si on l'omet pour lire toutes les lettres, on peut obtenir la signification correcte, tandis qu'en lisant des figures ou des tableaux, peut provoquer des problèmes sérieux.¹³

¹³ Saffidine, D., 2001

III. La lumière naturelle dans les bâtiments scolaires :

L'utilisation de la lumière naturelle dans les écoles est très importante dans les pays développés. Des spécialistes américains et anglais ont fait divers recherches dans ce domaine et s'ont arrivés à comprendre l'importance physiologique et psychologique de la qualité d'éclairage dans les locaux d'enseignement (Roth, A., 1966). Tandis que dans nos écoles algériennes, il faut dire que le côté éclairage n'est pas mis en évidence, en effet, on peut observer une distribution inégale de la luminance dans les salles de classes, et le rapport faible entre les conditions internes et externes tout comme dans le cas des écoles britanniques d'après guerre¹.

Les moyens qui existaient dans les écoles étaient essentiellement les fenêtres et d'une façon réduite des lampes incandescentes. Tandis que dans celles construites au début du XXe siècle, elles étaient éclairées par des fenêtres latérales à haute allège, ce qui empêchent les élèves d'avoir une vue complète sur l'extérieur en même temps².

Chronologiquement, les premières écoles qui ont été éclairées latéralement ont été construites en Angleterre, tandis que celles construites dans les années trente étaient sous forme de constructions légères, à mauvaise isolation et à surface vitrée importante au-dessus du plan de travail. Ceci a engendré des problèmes sérieux d'éblouissement gênant et de perte de chaleur³.

Ensuite vient l'aire des architectes Américains qui ont essayé de résoudre les problèmes qui sont survenus auparavant en utilisant une méthode très simple, ils orientaient les ailes de classes vers le nord, obtenant ainsi une lumière douce, uniforme tout en se protégeant contre la lumière directe qui pouvait pénétrer par le vitrage supérieur du côté sud, à l'aide d'avant-toit ou de brise-soleil. (Roth, A., 1966) figure. 1.

¹ Saffidine, D., 2001

² Minier, F., 2001

³ backer, N. et al., 1993

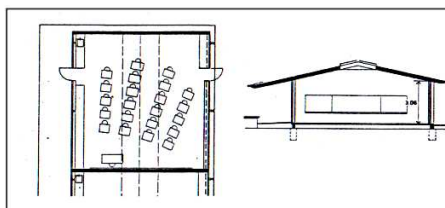


Figure 3.1. Plan et coupe d'une école où se rassemblent les trois principes ; éclairage bilatéral, orientation des ailes nord/sud et protection du côté sud avec le toit avancé. (L'école élémentaire de Kester Avenue, Los Angeles, California).
Source : Roth, A., 1966.

On peut trouver d'énormes ouvrages traitant de l'éclairage dans les équipements scolaires parmi eux, celui qui a été réalisé par le département de l'éducation et de science britannique en 1967, intitulé « lighting school ». Il est très précis dans les recommandations (Saffidine, D., 2001). Ses recommandations concernent notamment:

- Les sentiments de l'épuisement provoqué par les rayons directs du soleil frappant le corps lors de travail ;
- Deuxièmement, l'inconfort de la surchauffe.
- Troisièmement, l'éblouissement causé par le disque solaire apparent à travers la fenêtre ou par des contrastes excessifs de lumière du soleil et d'ombre sur les bureaux et le tableau noir.

Au Etats-Unis, le développement des normes du niveau d'éclairement dans les salles de classes est passé par divers étapes (ARENE, 2001), l'histogramme illustré dans la figure.2 ci-dessous montre la différence d'éclairement moyen du plan de travail qui a été enregistré dès les années 60 jusqu' aux années 2000.

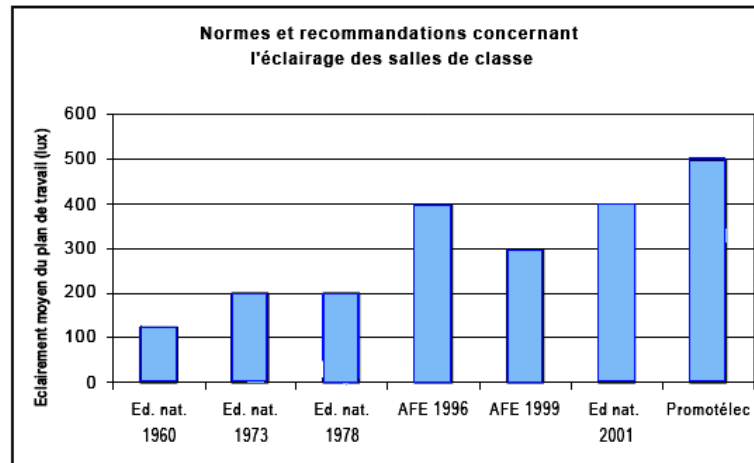


Figure 3.2. Les diverses normes et recommandations en matière d'éclairage des salles de classes.
Source : ARENE, 2001.

Cette évolution des normes a engendrée plusieurs types de disposition des ouvertures dans les écoles depuis les années 50 jusqu'aux 90 (Saffidine, D., 2001).

- les années 50 et les années 60 : les plans d'écoles étaient en forme du doigt avec un éclairage naturel suffisant (bilatéral) et un traitement particulier de l'orientation et de l'angle solaire.
- A la fin des années 60 et le début des années 70 : les plans d'écoles étaient en forme d'aile dont les salles de classe éclairées unilatéralement, avec un vitrage noir pour une basse transmission.
- Les années 70 : les écoles de ces années là, étaient caractérisées d'un plan ouvert et d'une enveloppe externe complètement fermée. L'éclairage artificiel était utilisé pour satisfaire les besoins d'éclairage.
- Les années 80 : on a opté pour des plans modulaires, ressemblant a la forme d'aile mais avec des salles de classes flexibles.
- La plupart des écoles récentes (les années 90) ont une variété de types de plan : salles sous forme d'aile, avec des vestibules intérieurs et de salles de travail communes.
- Les écoles primaires constituent l'objet de l'étude de la présente recherche. Du point de vue historique, on a recensé trois types d'établissement dans notre zone d'étude, a savoir :

A) Les écoles héritées de la période coloniale (construites par les autorités françaises) ;

B) Les écoles réalisées selon le modèle stéréotypé pendant une période qui s'étale entre les années soixante et quatre vingt;

C) Les écoles réalisées actuellement ; appelées *les écoles nouvelles*.

III. 1/L'enseillement :

Le parcours apparent du soleil et la révolution de la terre sur son axe, font que l'intensité et la durée de l'enseillement varient selon les lieux et l'orientation des baies. La durée minimum d'enseillement, qui dépend de l'angle d'inclinaison (heure, saison et latitude) oscille entre trente minutes et deux heures (*Twarowski, M., 1967*). À propos des maisons, la durée varie entre 90 et 120 min pour la salle de séjour, 30 min pour la chambre des parents, et de 30 à 90 min pour la chambre d'enfants (*Bouvier, F., 1988*).

Le code standard britannique BSI (British Standards Institution, BS 8206) recommande que la quantité du soleil à pénétrer dans une salle doive être de 25% (En hiver 5%) de la durée d'enseillement, sauf dans les cas où la nature technique des activités s'y oppose. (*Saffidine. D., 2000*).

Pour les individus à poste fixe (comme les élèves dans les salles de classes) l'irradiation solaire peut être intolérable soit par gêne visuelle ou autres. Afin d'éviter cet inconfort dû aux rayonnements solaires directs, les commissions (*CIE, CIBSE...etc.*) fournissent deux recommandations importantes :

- I. La première : Aucune lumière solaire directe ne devrait frapper la tâche visuelle et les personnes en travail.
- II. La seconde : Le soleil ou son image reflétée ne devrait pas être dans un angle de 45° par rapport à l'axe de vue des occupants.

En effet, des dispositifs d'ombrage adéquat sont nécessaires pour contrôler la lumière du soleil lorsqu'elle devient une source de gêne (voir le chapitre 4 de cette partie).

III. 2/ Considérations pour la lumière du jour :

L'éclairage de n'importe quel espace est lié à l'activité et à la précision de la tâche visuelle exercée. Autrement dit, tous les types d'éclairage naturel, artificiel et mixte, peuvent être

utilisés dans la mesure où ils conviennent, mais ils doivent répondre aux paramètres suivants:⁴

Le niveau d'éclairage de la tâche visuelle ;

- ❖ La répartition de la lumière dans l'espace ;
- ❖ Les rapports de luminance dans le local ;
- ❖ L'absence d'ombres gênantes ;
- ❖ La mise en valeur du relief et du modelé des objets ;
- ❖ Le rendu des couleurs ;
- ❖ La teinte de la lumière ;
- ❖ L'absence d'éblouissement.

Niveaux d'éclairage :

Sous un ciel standard, les niveaux d'éclairage minimaux à atteindre sont les mêmes que ceux recommandés pour l'éclairage artificiel (*CIE, 1986*). Afin d'améliorer les conditions générales, il est indispensable de séparer le niveau d'éclairage moyen du niveau d'éclairage de la tâche. Ce dernier doit présenter au moins 0.8 de l'éclairage moyen dans n'importe quel poste de travail (*Saffidine, D., 2001*). Les tableaux 1 et 2 représentent respectivement les niveaux d'éclairage exigés selon le type d'espace et l'activité. Alors que, le tableau 3.3 donne des informations complémentaires au tableau 3.2 concernant les corrections suivant l'âge des occupants.

	<i>Eclairage (lux)</i>		<i>Eclairage (lux)</i>
<i>Bureaux et locaux administratifs</i>		<i>Habitations</i>	
Bureaux de travaux généraux	425	<i>(éclairage nécessaire pour les différentes activités)</i>	
Dactylographie	425	Lecture	325
Salles de dessin	850	Travail d'écolier	325
		Couture	425 à 625
<i>Etablissement d'enseignement</i>		Préparation culinaires et coin bricolage	425
Salles de classes	325		
Tableau	425	<i>Circulation</i>	
Amphithéâtres	325	Couloirs, escalier	80 à 250
Laboratoires	625		
Bibliothèque, tables de lecture	425		
		<i>Hôtel</i>	
<i>Magasins</i>		Réception, halls	250
Boutiques	200	Salles à manger	250
Self-service	300		

⁴ Liébard, A. et De Hherde, A., 2005

Grandes surfaces	500	Cuisines Chambres et annexes	425 250
Salles de spectacles		Bâtiments industriels	
Foyer	125	Machines-outils et établis, soudure	250
Amphithéâtres	80	Travail de pièces moyennes	425
Salles de cinéma	40	Travail de petites pièces	625
salles des fêtes	250	Travail très délicat ou de très petites pièces	1250 à 1750

Tableau3.1: Eclairage moyen à maintenir en fonction de l'activité (d'après AFE)
Source : Liébard, A. et De Hherde, A., 2005

Eclairage (valeur générale)	
Activités avec la contrainte très élevée d'oeil: dessin précis, bijoux ...etc.	1000 lux
Activités à courte durée avec une contrainte d'œil élevée ou très élevée: lecture, dessin.	750 lux
Activités à courte durée avec une contrainte d'œil moyenne ou élevée: travail en général.	500 lux
Activités à courte durée avec une contrainte d'œil basse ou moyenne: stockage, circulation, activité sociale.	250 lux

Tableau3.2 : le niveau d'éclairage suivant le genre de tâche.
Source : Serra, R., 1998.

x. 0,8	x.1	x. 1,2
âge < 35 ans	âge 35 – 55 ans	Age > 55 ans
Activité non importante	Activité importante	Activité critique et peu commune
Difficulté basse	Difficulté normale	Difficulté élevée

Tableau3.3: Les facteurs de modification pour les valeurs générales d'illumination.
Source : Serra, R., 1998.

L'éclairage naturel peut être unilatéral, bilatéral ou multilatéral. Dans les 3 cas il faut fournir les niveaux d'éclairage exigés, alors que la difficulté est plus grande dans le premier cas (unilatéral). Afin de résoudre ce problème, il faut établir une conception qui tient compte des règles de profondeur,

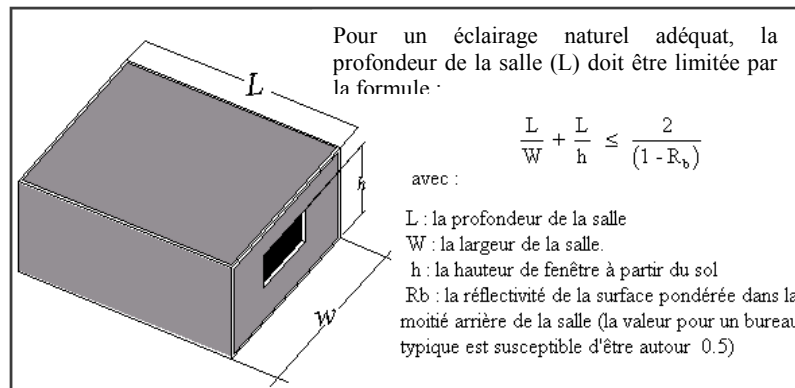


Figure3.3: la règle de la limite de profondeur.
Source : CIBSE, 1987.

B. Contraste et éblouissement :

La qualité de la lumière naturelle dans les espaces intérieurs a une grande importance, surtout l'uniformité de la distribution et la direction (voir le chapitre précédent). Pour cela, quatre principes doivent être pris en considération :

Le premier : concerne la direction. La lumière du jour devrait être fournie à côté du travailleur (le côté gauche est plus préférable);

Le deuxième : est la position de la source lumineuse (dans ce cas : le soleil et le ciel) ne devraient pas être dans le champ visuel immédiat car le contraste excessif produit l'éblouissement ;

Le troisième : est la valeur du facteur de la lumière du jour. Sa valeur détermine le besoin de l'utilisation d'un éclairage artificiel supplémentaire ; par exemple : Si la quantité de la lumière du jour est fournie avec un facteur de lumière de jour $\geq 5\%$, aucune lumière artificielle est exigée (CIBSE, 1987).

Le quatrième : est le rapport entre l'éclairement général et l'éclairement de tâche. Dans un lieu de travail, l'éclairement moyen généralement recommandé pour un plan de travail, ne devrait pas être inférieur à 200lx (souvent 300lx), mais le secteur de la tâche ne peut pas être isolé de l'entourage immédiat et l'uniformité d'éclairement dans ces deux secteurs est très importante. Cette uniformité est assurée par le rapport (formule 1) (Saffidine, D., 2001) :

$$\frac{\text{éclairement minimum}}{\text{éclairement de tâche}} \geq 0.8 \dots\dots\dots(1) \text{ (Saffidine, D., 2001)}$$

Pour empêcher ou diminuer le contraste excessif entre l'intérieur et la vue vers l'extérieur, les murs où se trouvent les fenêtres devraient être de couleurs claires (haute réflectivité) et non pas brillants. Ainsi, l'éblouissement du ciel évident ou de surfaces externes peut être également

empêché en augmentant la luminance sur les fenêtres par la lumière provenant des autres fenêtres ou par la lumière électrique supplémentaire (voir l'éclairage électrique ci-dessous). Pour la même raison, d'autres solutions sont recommandées telles que l'évasement de la fenêtre (fig 3.2) ou l'utilisation des stores translucides, rideaux,..., etc. (O'Connor (J.) et al, 2000)

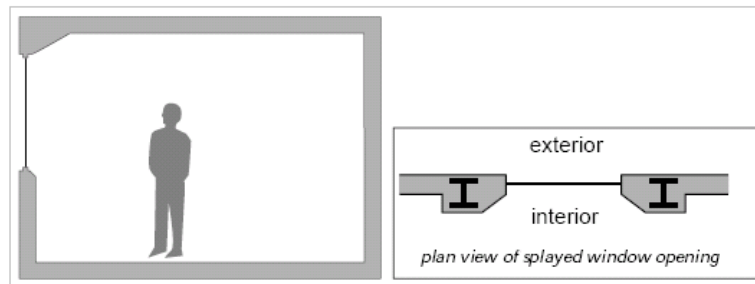


Figure 3.4: L'évasement de fenêtre pour diminuer le contraste entre la fenêtre et les surfaces intérieures, et ce afin d'éviter l'éblouissement ou de le rendre non évident.
Source: O'Connor (J.) et al, 2000

Par ailleurs, la réflectivité de différentes surfaces intérieures contribue largement à la qualité de l'environnement lumineux. Pour le plafond, une réflectivité élevée (mates pour réduire l'éblouissement direct) donne une apparence de clarté pour répartir la lumière naturelle uniformément. L'IESNA recommande une réflectivité de 75 % à 90 % pour les plafonds (IESNA, 2000). Pour les murs, la CIBSE recommande: les murs avec fenêtres devraient avoir une réflectivité d'au moins 60 %, tandis que les murs sans fenêtres devraient l'avoir entre 30% et 70% (CIBSE, 1994). La différence des réflectivités des murs tend à réduire le contraste entre la fenêtre éclairée et le mur adjacent. Les réflectivités conseillées sont montrées sur la figure 3.3.

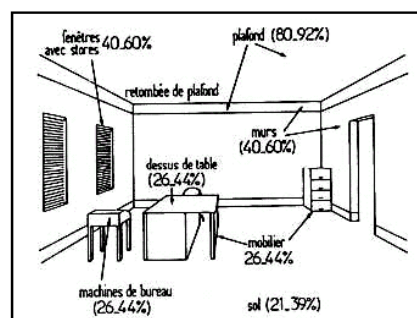


Figure 3.5: les réflectivités recommandées par la société américaine d'éclairagisme pour les bureaux.
Source : Denoed, B., 2001.

Au sujet de facteur de la lumière du jour, le tableau 3.4 donne les valeurs tolérées pour chaque genre de bâtiments (voir partie I chapitre 4). Les valeurs de l'indice d'éblouissement toléré sont montrées sur les tableaux. 2.1 et 2.2 du chapitre 2. Pour éviter l'éblouissement

provoqué par la lumière du soleil directe ou son image reflétée, les écrans, les images et les tableaux ne devraient pas être placés en face des fenêtres (CIBSE, 1994).

Type de bâtiment	endroit	Facteur moyen de jour (%)	Facteur minimum de jour (%)
Bâtiment d'aéroport	réception	2	0,6
	Circulation	2	0,6
bâtiments généraux	Réception	2	0,6
	Bureaux généraux	3	1,0
	Bureaux de dessin	5	2,5
Bibliothèques	rayonnages	3	1,0
	espace de lecture	6	1,5
Musées et galeries d'art	Général	5	1
Écoles	Salles de classes	5	2
	Halls de rassemblement	1	0,3
Domestique	Salles	1,5	0,5
	cuisine	2	0,6

Tableau3.4. Les valeurs du facteur de lumière du jour recommandées.
Source : Backer, N. & Steemers, K., 2002. p, 61

Dans le cas de l'utilisation des ordinateurs, il convient de tenir compte les précautions suivantes⁵:

- ❖ Aucune fenêtre ne doit être devant ou derrière l'écran. Toutes les fenêtres doivent être équipées de protections solaires efficaces sur le plan visuel sur toutes les façades ;
- ❖ L'axe principal du regard doit être parallèle aux fenêtres ;
- ❖ Les surfaces voisines de l'écran devraient être mates et avoir un facteur de réflexion de 0.2 à 0.5 ;
- ❖ La luminance de chaque partie de l'environnement que l'observateur peut voir par réflexion dans son écran doit être uniforme et le plus faible possible ;
- ❖ Pour réduire la différence de l'éclaircement entre l'écran et le ciel, il peut être utile de placer une rangée de luminaires le long de la fenêtre.

⁵ Liébard, A. et De Hherde, A., 2005

III. 3/Les réglementations et les recommandations de conception des écoles en Algérie:

Les écoles sont conçues principalement dans quelques limites selon les orientations présentées dans le guide de constructions scolaires de 1983, établis par le ministère de l'éducation nationale.

Il préconise que:

- Le nombre d'occupants devrait être d'environ 40 élèves ;
- La surface exigée est 1,5m² par élève ;
- Les dimensions du plan : - 8,4 X 7,2m ou 9m X 6,6m pour la forme rectangulaire ;
- - 7,8m X 7,8m pour la forme carrée.
- la hauteur du plafond doit être entre 3m et 3,5m ;
- L'orientation du bâtiment (avec un intérêt particulier pour l'aspect thermique) doit être respectée les effets des conditions environnementales tels que la lumière solaire, les vents dominants et les bruits. La priorité est donnée à la ventilation et à la capacité thermique du bâtiment. En générale L'orientation conseillée pour les salles de classes est N-S, pour empêcher les effets du soleil dans la période chaude.
- Concernant les dimensions des ouvertures, les normes (1971) sont établies pour la surface des baies vitrée (y compris le cadre) par rapport à la surface du local (ministère des enseignements primaire et secondaire, 1971) :
 - Pour l'orientation Sud (SSE–SSO) :12-15 % pour les zones littorales et des hauts plateaux ;
8-12 % pour les zones sahariennes.
 - Pour les autres orientations : 5 -17 % pour les zones littorales et des hauts plateaux ;
12-15 % pour les zones sahariennes.

(Ministère de l'éducation et de l'enseignement, 1983)

Ces recommandations ne sont pas obligatoires sauf du cote dimensionnelle. Aucun changement considérable n'a été enregistré depuis des années mis a part en :

- 1971 (normes, ministère des enseignements primaire et secondaire),
- 1983 (le guide de constructions scolaires).

Si on consulte différents cahiers de charges, ces recommandations sont restées valables jusqu'à aujourd'hui avec la prise en considération des caractéristiques climatiques de la zone.

III. 4/Recommandations spécifiques aux lieux d'éducation :

Les recommandations citées ci-dessous sont exclusivement établies pour les lieux d'éducation, notamment les salles de classes. Il est recommandé que ces dernières soient orientées vers le sud-est et que chacune doit bénéficier au moins d'une heure d'ensoleillement par jour (le tableau donne quelques valeurs de la durée d'ensoleillement préférée). Dans le cas où les salles sont exposées directement au soleil, elles doivent être obligatoirement munies d'un système d'occultation solaire (*Journal Officiel du Grand-Duché de Luxembourg, 1990*).

Genre de locaux	Ensoleillement des locaux entre le 21 mars et le 21 septembre
Locaux destinés au travail intellectuel des jeunes	2 h par jour au minimum
Salles, Laboratoires, Ateliers, Salles de lecture, locaux destinés aux organisations sociales.	Souhaitable pendant 2 h par jour
Locaux destinés au travail intellectuel des adultes	Souhaitable le matin ou l'après-midi, pendant 2 ou 3 heures
Couloirs et salles de récréation	4 h par jour au minimum, du moins dans les endroits où les élèves s'agglomèrent habituellement
Salles de gymnastique	3 h par jour au minimum
Salles de fête et réunion	Souhaitable pendant 2 h par jour

Tableau3.5. Les valeurs de la durée d'ensoleillement conseillée pour les locaux scolaires.
Source : Twarowski, M., 1967.

A propos des salles de classes du cycle maternel, la qualité de l'éclairage et de l'environnement lumineux possède une importance particulière. D'une part, les enfants de classe maternelle ne disposent pas de toutes les capacités visuelles et de mémorisation d'un adulte (voir le premier chapitre de cette partie). D'autre part, la matière enseignée s'appuie largement sur la tâche visuelle. Dans ce cas, il est recommandé de maintenir à la hauteur du plan de travail (le niveau de la table) un niveau moyen d'éclairage d'environ 300 lux (valeur minimum). En plus d'un point de vue qualitatif, une certaine uniformité doit être assurée le plus possible pour diminuer toute conditions de fatigue ou gêne (*Minier, F., 2001*). Dans ce sens, l'institut de *CIBSE* donne un tableau des différentes valeurs d'éclairage moyen des espaces d'éducation (le tableau.).

Bâtiments scolaires Type d'intérieur, tâche ou activité	Eclairage Moyen A obtenir <i>Em</i>	Indice D'éblouissement <i>UGRI</i>	Indice de rendu Des couleurs Des lampes
Salle de classe en primaire et secondaire	300	19	80
Salle de classe pour les cours du soir et enseignement adulte	500	19	80
Salles de conférence	500	19	80
Tableau noir	500	19	80
Table de démonstration			
Salles d'art	500	19	80
Salles d'art dans les écoles des Beaux-arts	750	19	90
Salles de dessin industriel	750	16	80
Salles de travaux pratiques et laboratoires	500	19	80
Salles de travail manuel	500	19	80
Ateliers d'enseignement	500	19	80
Salles de pratique musicale	300	19	80
Salles de pratique informatique	300	19	80
Laboratoires de langues	300	19	80
Ateliers et salles de préparation	500	22	80
Halls d'entrée	200	22	80
Zones de circulation, couloirs	100	25	80
Escaliers	150	25	80
Salles communes pour les étudiants et salles de réunion	200	22	80
Salles de professeurs	300	19	80
Bibliothèque : rayons de livres	200	19	80
Bibliothèque : zones de lecture	500	19	80
Réserves pour le matériel des professeurs	100	25	80
Halls de sports, gymnases piscines	300	22	80
Cantines scolaires	200	22	80

Tableau3.6: le niveau d'éclairage standard pour les espaces d'étude.
Source: Liébard, A. et De Hherde, A., 2005

En plus, les finitions de surface dans la salle de classe devraient être mates et en particulier le tableau noir, le plateau du bureau, les cartes et les images et les surfaces qui sont face aux étudiants. Ainsi, les murs devraient être de couleur claire et mate, le plafond d'une luminance élevée et le plancher d'une luminance inférieure à celle du plan de travail (Saffidine, D., 2001). En général, il faut éviter les écarts importants de luminance entre les différentes

surfaces (murs, plafond ...etc.) (Minier, F., 2001). La figure3.4 donne les valeurs de réflectivité des différentes surfaces d'une salle de classe.

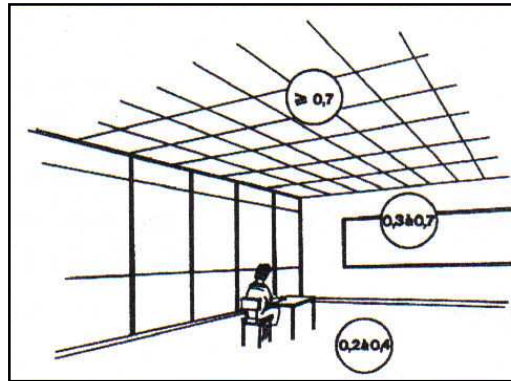


Figure3.5. Modèles des valeurs recommandées de réflectivité.
Source : AFE, 1987

Le tableau en tant qu'une tâche très importante, il doit bénéficier d'un éclairage particulièrement soigné, soit une intensité lumineuse conseillée de 500 lux répartie de la façon la plus uniforme possible. Enfin pour les documents affichés, un éclairage moyen de 300 lux est préconisé⁶.

III. 5/Constat des écoles en Algérie :

Sachant que tout espace « salle de classe » destiné à l'enseignement doit bénéficier d'un environnement adéquat pour le bien-être des écoliers et pour l'exécution des tâches scolaires, y compris la qualité de la lumière naturelle. Les effets de cette dernière sur la qualité de l'environnement intérieur dans les salles de classes, par extension sur la santé et le comportement des élèves et sur la performance scolaire, constituent l'objet de plusieurs études théoriques et expérimentales. Ces dernières ont confirmé que la lumière naturelle possède une gamme très large des effets positifs et autre négatifs sur la santé et le comportement des élèves et le rendement de l'apprentissage.

Les écoles primaires dans tout le territoire algérien sont réalisées après l'indépendance; Les écoles stéréotypées et les écoles dites nouvelles.

Cependant, le nombre des écoles héritées de l'époque coloniale est très restreint. Sur terrain le produit architectural se caractérise par des salles de classes identiques en forme

⁶ Minier, F., 2001

rectangulaire, avec deux rangées de fenêtres en deux côtés souvent opposés. Elles sont orientées principalement vers l'Ouest. Ainsi, les fenêtres utilisées sont de trois types (étroites, moyennes et larges) et leur la distribution sur la façade n'est pas toujours uniforme.

L'étude de l'ensoleillement et de l'éclairage naturel dans les salles de classe a démontré que la grande insolation du plan de travail, pendant les moments non désirés, est enregistrée dans celles orientées vers l'Ouest. En revanche, les salles de classe orientées vers le nord représentent la bonne situation car la pénétration des rayonnements solaires est souvent nulle pendant les heures de cours. À propos de l'éclairage naturel, il est meilleur dans le modèle des salles de classe stéréotypées que dans les salles de classe nouvelles. Dans tous les cas étudiés, l'adoption des dispositifs de contrôle de la lumière naturelle est nécessaire, pour la protection et l'amélioration de l'éclairage.

En plus, l'étude expérimentale dans les salles de classe nous a permis d'attester l'effet inhibiteur de la lumière solaire. Elle s'est déroulée dans les salles de classe orientées vers l'Ouest. La méthode d'évaluation choisie est l'observation directe et indirecte, elle est classée comme une méthode d'évaluation qualitative efficace pour ce genre de travail. Les observations directes (à l'œil nu) et avec la caméra, de l'impact de la lumière solaire sur le comportement des écoliers et la création de l'éblouissement, permet de confirmer ses sérieuses gênes dues à sa pénétration non contrôlée, et ce à travers le côté extérieur ou celui du corridor. Ce dernier nous mène à recommander de ne pas orienter les salles de classe vers l'ouest ou l'est.

1/Introduction:

La lumière naturelle est non seulement nécessaire à l'être vivant pour vivre en bonne santé, mais aussi nécessaire pour son bien-être psychique. C'est pourquoi, la prise en compte de la lumière naturelle dans l'architecture et son évolution, sont primordiales et se traduisent, aujourd'hui, par un accroissement des ouvertures vers l'extérieur.

Au cours des siècles, la lumière naturelle dans l'architecture a pris une place croissante : quasiment absente dans le passé, elle est devenue capitale et prioritaire aujourd'hui.

La conception des divers bâtiments est plus prise en considération qu'auparavant. En effet, nous vivons et travaillons d'avantage dans des intérieurs que nos ancêtres, on compte plus de 90% du temps dans un intérieur.

En intégrant la lumière naturelle dans les lieux de vie, on intégré par la même des aspects sociaux.

Ainsi, aujourd'hui, intérieur et extérieur se combinent pour mieux vivre au quotidien.

Les temps modernes ont démocratisé l'accès à la lumière : chacun peut ainsi disposer de lumière naturelle dans son environnement quotidien. Jusqu'en 1851, l'Europe avait un impôt sur la taille et le nombre de fenêtres et de portes dans les bâtiments, limitant, pendant de nombreuses années, le développement d'ouvertures sur l'extérieur et un accès égal à la lumière naturelle; par exemple, le nombre de fenêtres d'une maison était signe de richesse. Cet impôt a pris fin sous l'influence des hygiénistes en 1926, qui proclamaient que la mauvaise aération et le manque de clarté rendaient les logements insalubres.

La lumière naturelle a toujours été source de créativité pour les architectes. Frank Lloyd Wright, Le Corbusier au début du siècle, et plus récemment, Jean Nouvel ont pensé leurs constructions en intégrant la lumière naturelle. Aujourd'hui, la lumière est devenue indissociable de la création architecturale¹.

¹ Source Observateur Cetelem « Les Français et leur maison » 2006

I. Planification avec la lumière naturelle

I. 1/Degré d'assombrissement de l'atmosphère :

Le soleil est une source de lumière présentant des caractéristiques fortement variables. A part les variations dues aux conditions spécifiques du climat et de la géographie, l'ensoleillement change selon les périodes de l'année et de la journée. En premier lieu, il est influencé par le genre, la fréquence et la forme des nuages ainsi que par les distances que les rayons ont à parcourir dans l'atmosphère terrestre. L'intensité de l'ensoleillement. La composition de l'air (facteur d'assombrissement), la capacité de réfléchissement du sol et les altitudes géographiques peuvent être invoquées comme facteurs secondaires.

Lors de leur passage par l'atmosphère terrestre, les rayons du soleil sont soumis à différents processus de dispersion et d'absorption. Ceux-ci influencent l'intensité et le spectre. En moyenne mondiale, cinquante pourcent de l'énergie solaire extraterrestre atteint la surface de la terre en rayons diffus ou directs. En Europe centrale, on enregistre en gros 1000 KWh par m² et année.

Par ciel complètement couvert, le degré d'assombrissement de l'atmosphère est si fort qu'on ne voit plus le soleil. Dans ce cas, la répartition de la densité lumineuse est symétrique à la rotation et le rapport de densité lumineuse constant; des valeurs au zénith sont environ trois fois plus hautes qu'à l'horizon (Moon Spencer). Les valeurs de densité lumineuses absolues dépendent de la position du soleil. La puissance d'éclairage extérieur maximale s'élève à environ 20 000 lux à midi, au milieu de l'année. Etant donné sa stéréométrie simple, sa fréquence et une certaine fidélité de planification, en tous cas en vue de la réalisation de valeurs minimales sur lesquelles on peut compter, le ciel complètement couvert sert de ciel standard.

Source de lumière	Densité de lumière [cd/m ²]
Ciel de nuit	0.001
Ciel gris	Jusqu'à 3000
Ciel bleu	Jusqu'à 10000
Lune	Jusqu'à 2500
Soleil a l'horizon	6 millions

Tube fluorescent	2000 a 4000
Flamme de bougie	Jusqu'à 10000
Wolfram, depolie	10000 a 100000
Wolfram, claire	2 a 30 millions
Soleil a midi	1 a 1.5 milliards

Tableau 5-1: Exemples de diverses densités lumineuses

La puissance d'éclairage extérieur, pour la planification de la lumière du jour, devrait s'élever à plus de 5000 lux, cela correspond à une densité lumineuse du ciel LH au moins d'environ 1600 cd/m² et à un quotient de lumière du jour d ... 1 = au moins 50 lux.

Par ciel clair, la répartition de la densité lumineuse de la voûte céleste est symétrique par rapport à l'axe mais seulement difficilement définissable et dépendante de la position momentanée du soleil. La puissance d'éclairage extérieur est considérablement plus élevée et peut atteindre des valeurs d'environ 100 000 lux sous les conditions indiquées ci-dessus.

Les puissances d'éclairage intérieur augmentent en conséquence, du moins dans la direction des rayons du soleil et de l'éclaircissement du ciel d'en face (à l'horizon). Ces gains ne peuvent être inclus dans la planification que dans le sens d'une probabilité locale. Les sollicitations thermiques qui y sont liées sont élevées.

Le ciel couvert échappe au calcul de la planification étant donné qu'il dépend des conditions météorologiques vite changeantes. Ici aussi, on ne peut se baser que sur des probabilités locales de la durée de l'ensoleillement.

Le genre de la lumière distribuée par ciel couvert a une haute valeur émotionnelle.

I. 2/La perception visuelle :

Le domaine de la perception visuelle, plus particulièrement celui de la perception visuelle de l'espace traité ici, semble peu spectaculaire en raison des mécanismes fonctionnant inconsciemment, comme par exemple la «constance de la clarté et de la couleur» ou la «constance de la grandeur et de la distance», c'est-à-dire la capacité innée de juger de manière absolue des objets selon leur pouvoir de réflexion ou leur position dans l'espace.

En plus, notre organe visuel est responsable de déroulements très complexes de la visualisation de notre environnement ainsi que de processus moteurs et hormonaux. Cette double fonction est

aussi la cause pour laquelle nous ne voyons pas un espace simplement en tant que projection visuelle mais que nous le ressentons aussi.

I. 3/Orientation visuelle :

Une condition importante pour la perception de l'espace est notre faculté d'orientation visuelle. La base de l'orientation est déjà physiologiquement dans l'œil. On y distingue trois niveaux de séparation dans un ordre cartésien. Le système d'orientation dont on se sert chaque jour avec les parties en opposition :

- devant – derrière
- droite – gauche
- en haut – en bas

n'est pas seulement une définition fixée par les êtres humains mais une disposition physiologiquement ancrée en nous. Notre mémoire de l'espace est soutenue par l'orientation cartésienne, comparable à une «carte géographique mentale».

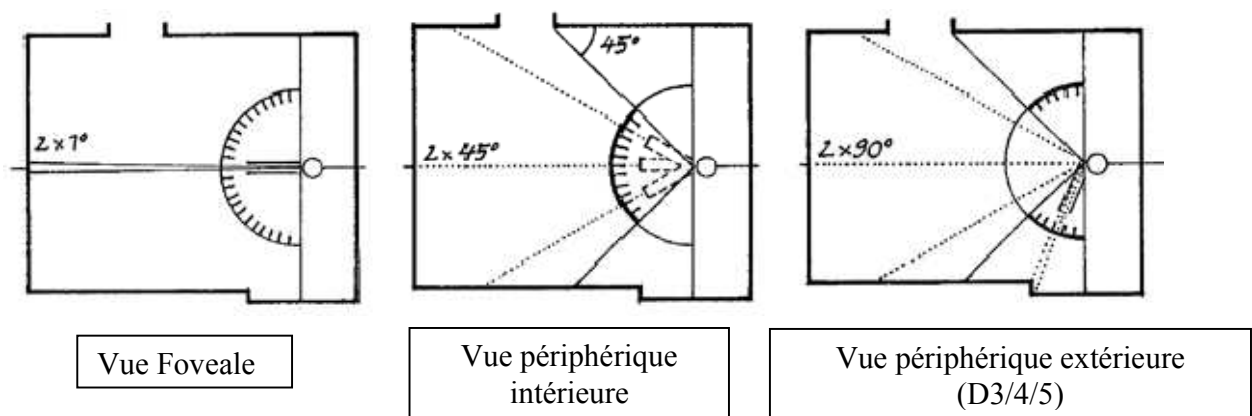


Figure 5-1 ; schéma des différentes orientations visuelles

Pour l'évaluation de tâches visuelles, la vue foveale (voir dans une direction fixe sans bouger le regard dans un angle d'espace très serré de 1 à 2 degrés) présente un intérêt tout aussi important, sinon plus important encore.

Bien que la vue périphérique sans bouger les yeux ne donnent pas d'images nettes, elle est d'importance primordiale pour l'orientation dans l'espace et pour la détection précoce de dangers, étant donné que les images floues sont compensées, sous conditions pratiques, par des sauts de regard, dites saccades. Veiller seulement à la puissance visuelle veut dire que la

personne qui regarde doit se frayer un chemin de «détails en détails». Veiller aussi au confort visuel veut dire que la vue périphérique est soutenue par des mesures accentuées et libère l'observateur de ce travail de triage.

I. 4/Niveau de perception:

Dans l'annuaire « Lumière et architecture 2000/A.3 », Ingeborg Flagge écrit dans la préface: «L'architecture est vécue et jugée sur trois niveaux de perception: un pragmatique, un esthétique et un émotionnel». Formulé encore plus simplement, cela signifie que l'architecture doit servir, doit être belle et doit nous toucher! Et c'est justement ce que nous attendons de la construction en elle-même mais aussi de l'espace architectural. Cependant, de quelle manière l'accueillons-nous et la ressentons-nous ? Comment les éléments qui forment l'espace sont-ils traités ? Ou encore, quels mécanismes visuels entrent en jeu pour qu'ils se manifestent en nous pour les vivre et les juger?

I. 5/Contour, clarté, couleur :

Lors de recherches analytiques, nous découvrons trois autres niveaux:

Les niveaux de perception visuelle des contours, de la clarté et de la couleur établissent une relation rationnelle, existentielle et morale avec l'espace. L'information rapide et rationnelle communique des signes et des éléments graphiques pouvant être mis dans un contexte de perspective dans l'espace. Le bien-être biologique existentiel et l'attitude sont particulièrement influencés par les conditions de clarté dans l'espace. Mais l'état d'âme et l'attitude d'un individu sont particulièrement touchés par la couleur, voire par une allusion de couleur dans l'espace.

Le caractère de l'espace architectural est également décelable lors d'analyses de clarté et d'effets de couleur dans le champ visuel. Des couches horizontales bien connues dans le paysage peuvent être traduites par un échange ciel et terre contre plafond et plancher et sont complétées par des couches verticales données par les limites devant, derrière et latérales, donc les parois. Aux caractéristiques d'orientation en haut – en bas se joignent à nouveau devant - derrière ainsi que gauche - droite. La vaste étendue se transforme en espace limité de partout, dominant l'attitude.

Des répartitions de la clarté et de la couleur dans le champ visuel transmettent des informations qui incitent notre curiosité ou nous mettent en garde. Ainsi, notre attitude est influencée, des états

de choses et des interdépendances sont perceptibles et l'espace architectural est vécu. Les espaces ne peuvent être saisis que grâce à la vue périphérique.

II. Lumière et espace :

II. 1/L'espace trouve son achèvement avec la lumière :

Malgré tout le soin apporté au développement d'un concept d'espace, il restera abstrait pour autant que la lumière ne le libérera pas de ses limites métriques et lui insuffle la vie. Sans devoir palper péniblement l'espace, nous disposons en peu de temps d'informations et d'impressions concernant les dimensions et l'orientation. La quantité ainsi que la disposition de la lumière déterminent décisivement notre bien-être ergonomique et mentale dans l'espace (80 % de nos sensations sont associées à la vue).

La lumière éveille l'espace, toutefois non seulement pour y vivre, mais elle le change en même temps selon le concept de lumière choisi. Le nombre, la dimension et la disposition des ouvertures à la lumière ont une influence sur les effets et qualités de l'espace qui apparaît alors complètement différent. La conception d'un espace en tant que symbiose entre le concept de l'espace et de la lumière n'est pas seulement de nature cosmétique mais essentielle, avec effet direct sur le bien-être et la capacité de performance de l'utilisateur.

II. 2/La lumière dans l'espace :

L'intention de chaque concept de lumière pour la lumière naturelle ou pour la lumière artificielle est de saisir les points forts des événements, souligner la forme et la disposition de l'espace et surtout donner aux ouvertures de lumière la possibilité de se présenter elles-mêmes. Le concept doit faciliter à la personne qui entre dans la pièce à se familiariser dans un endroit inconnu, lui donner une vue d'ensemble de l'espace, lui permettre de saisir les interdépendances de l'espace et de différencier l'essentiel du secondaire.

II. 3/Volume, enceinte de l'espace et éclairage :

Les paramètres de base de chaque espace sont le volume, l'enceinte de l'espace et l'éclairage. Si un des trois paramètres change, l'espace sera métamorphosé.

Dans sa fonction d'émetteur secondaire (part indirect), la composition de l'enceinte de l'espace est tout aussi importante que la source de lumière.

En partant d'une enceinte d'espace inchangée, l'augmentation ou la diminution de l'intensité d'éclairage donne un effet d'agrandissement ou de diminution de la dimension visuelle de l'espace. D'une différence dans le niveau d'éclairage dans l'espace résulte une limite de zone

dans des parties proches ou éloignées de l'espace, moitié supérieure ou inférieure, ainsi qu'une dynamique ou un blocage lorsqu'on désire avancer dans l'espace. Un éclairage à contraste peut mettre en valeur des surfaces d'enceinte pauvres en contrastes tandis que pour des surfaces d'enceinte riches en contrastes, on choisira un éclairage plutôt uniforme. Trop d'uniformité engendre l'ennui, trop de dramatique provoque la confusion; un jeu d'échanges que nous rencontrons constamment dans la nature et que nous apprécions.

II. 4/Modèle de vue :

Pour une vision d'espace architectonique, il est particulièrement important de voir comment le concept de lumière met en scène le volume métrique.

Pour évaluer des mesures de planification prises, le modèle de vue offre une possibilité de pronostiquer des effets d'espace ou de donner des indications pour corriger des mesures. Le modèle de vue associe des processus de perception comme la perception des contours, de la clarté et des couleurs des objets et de l'espace.

Les limites de l'espace architectonique deviennent visibles. De cette manière, on peut établir des comparaisons entre les différents caractères de l'espace – en tout cas en ce qui concerne son impression de clarté. A ce propos, un calcul numérique des valeurs photométriques aussi consciencieuses qu'elle soit, ne sera jamais pertinente tant que la mesure d'appréciation humaine n'a pas été prise en considération.

II. 5/Lumière et effet de l'espace :

En partant de la lumière naturelle comme source de lumière, la conception des ouvertures dépend de critères différents. Sans donner de l'importance à leur ordre, le catalogue suivant sert de base au développement du concept de lumière qui vise à soutenir des effets d'espace bien déterminés.

II. 6/Ouvertures de lumière en ce qui concerne l'effet, la position et la forme:

- Ouverture – fermeture, transparence – translucidité
- Visible – caché, placé en position haute – placé en position basse, vue sur l'extérieur – vue sur l'intérieur
- Debout, couché, neutre, rond, carré, aligné, en bande, rythmique, groupé, accouplé
- En cas de lumière latérale : un côté (megaron), tous les côtés (halle)
- En cas de lumière d'en haut : retirée (maison de cour), étendue (arène).

II. 7/Ouvertures de lumière dans le contexte de l'enceinte de l'espace:

- Figuration, «Ornemental» dans le sens de la disposition,
- Rapport entre la partie d'ouvertures et les surfaces fermées,
- Figuration du reste des surfaces.

Couleur de la lumière et réflexes colorés:

- Chaud – froid, multicolore – non multicolore, uniforme – local.

/Modelage de l'espace:

- Ombres dominantes, reconnaissables ou diffuses
- Ombres classées (direction de l'éclairage dominante), ombres répétées (plusieurs directions de lumière),
- Modelage de l'espace, modelage de grands objets, de petits objets, modelage de texture.

Niveaux de perception:

- Contour – clair – sombre, contrastes multicolores

Répartition de la clarté et des couleurs dans le champ visuel:

- Neutralité de mouvement, dynamisation, blocage, échappement, menace.

II. 8/Perception de l'espace :

Comme déjà indiqué, nous possédons 3 niveaux visuels de perception à l'aide desquels une image de l'espace se crée sous forme d'une perspective intériorisée dans laquelle nous projetons des dessins de clarté et de couleurs. Des éléments de conception de l'espace qui nous communiquent la stéréométrie et l'étendue de l'enceinte s'éveillent en nous. Nous ressentons les dimensions de l'espace et son ambiance en lumière et couleur.

II. 9/La lumière et l'ombre :

Toutes les perceptions sensorielles se basent sur l'effet de contrastes de même que la perception de l'espace et des objets. Les ombres différencient l'enceinte de l'espace, modèlent la forme et les surfaces des objets et créent aussi le contact entre l'espace et l'objet. Les ombres dans l'espace se produisent là où, pour des raisons de géométrie, aucun éclairage d'une ouverture de lumière ne peut arriver. Dans des pièces avec lumière d'en haut, c'est la vue depuis le dessous du plafond, dans des pièces avec lumière latérale c'est la paroi de fenêtre. Mais des surfaces

éclairées de l'enceinte d'espace peuvent aussi être parsemées d'ombres, dans l'échelle d'un relief, de manière à ce que leur structure soit reconnaissable. Les ombres peuvent être éclaircies ou même supprimées lorsque plusieurs ouvertures de lumière réunissent leur effet ou que la proportion de lumière indirecte dans l'espace est élevée. Ainsi, ces ombres n'auraient plus un effet autonome et divisant mais plutôt nuancé et reliant. L'enveloppe de l'espace et les objets gagnent en plasticité.

II. 10/Lumière et objet d'espace:

La plasticité, respectivement la perception visuelle de l'espace et de l'objet dépend certainement du genre de formation de l'ombre (modelage).

Le modelage de l'espace, respectivement de l'objet, est dépendant de la capacité de modelage (entre autre de la couleur et de la nature de la surface), de la lumière et des sources de lumière (nombre, position, forme, grandeurs, couleur de lumière, intensité), de l'enceinte d'espace (forme, dimension, couleur, densité de la lumière) et aussi de l'observateur qui est dans l'espace. On constate des différences de modelage, dépendantes de la surface, malgré le plus grand soin apporté à l'éclairage des objets. Si différents objets présentant des surfaces diverses se trouvent au même endroit, le meilleur compromis est une mesure pour atteindre un confort visuel agréable. L'apparence des objets ne se laisse isoler de l'environnement que par un rétrécissement artificiel du champ de vision. Autrement, le niveau d'adaptation est déterminé par l'environnement, de même que des changements de contrastes simultanés et successifs participent et animent ou dérangent l'arrangement.

II. 11/Lumière et couleurs :

Un «espace blanc» vit de la qualité de la lumière, du modelage par l'intensité et de la couleur de la lumière. Dans un «espace multicolore» les ombres et les nuances occasionnées par la lumière cèdent leur première place. Au premier plan se place la couleur, mise en évidence en canon avec toute la palette des couleurs qui s'influencent les unes aux autres. La projection de «l'espace multicolore» est nettement plus difficile, la magie de «l'espace blanc» reste toutefois incontestée. La solution se trouve aussi parfois dans la combinaison, par exemple quand des surfaces multicolores reflètent de la lumière en couleur sur l'enceinte de l'espace blanc.

III. Distribution de la lumière dans l'espace :

III. 1/Répartition de la lumière dans l'espace :

En restreignant les corps de répartition de la lumière quasi stationnaire par des parois et le sol, donc l'enceinte de l'espace, on reconnaît dans le vide libre qui reste entre le volume d'espace et le volume de lumière, à quels endroits on peut s'attendre à des «collisions». A ces places, le flux lumineux est gêné dans sa tendance à s'étendre et l'énergie de lumière est capturée et transformée par l'enceinte de l'espace. L'enceinte d'espace devient source de lumière secondaire. La dominance des directions de lumière qui partent de la lumière d'en haut, peut être compensée par des réflexions multiples de l'enceinte d'espace jusqu'à la lumière diffuse dans l'espace.

III. 2/Répartition de la lumière et enceinte d'espace :

La connaissance du corps de répartition de la lumière, dans le cas d'une lumière d'en haut, illustre la situation d'éclairage. Plus les parois et le sol sont près de la lumière d'en haut plus élevé sera le niveau d'éclairage et moindre sera l'uniformité. Logiquement plus les parois et le sol sont éloignés de la lumière d'en haut plus bas sera le niveau d'éclairage au profit de l'uniformité.

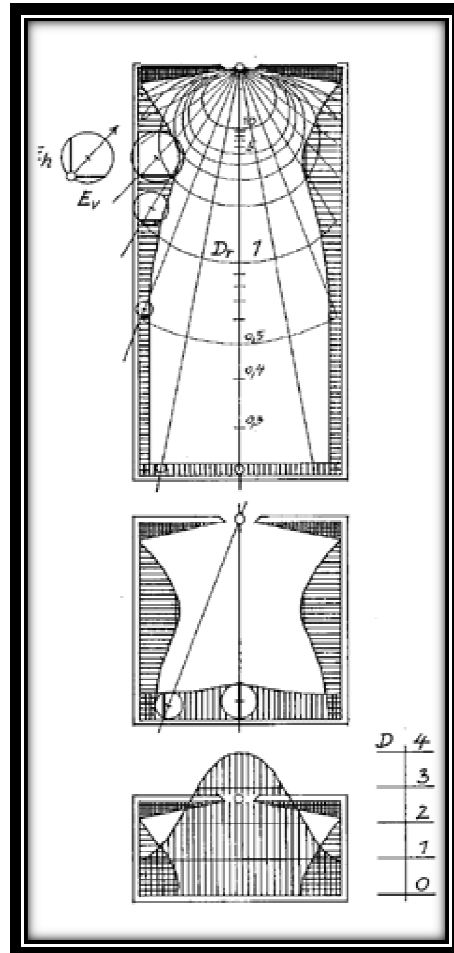


Figure 5-2 : Répartition de la lumière dans l'espace avec lumière d'en haut

III. 3/Répartition de la clarté dans l'espace :

L'analyse de l'interprétation d'un espace dans le champ visuel montre que les surfaces horizontales qui ne seront vues qu'en passant, comme le sol et les niveaux de travail, ne paraissent nullement dominantes mais que «l'image de la pièce» est déterminée par les surfaces enveloppantes – mais surtout les surfaces verticales que l'on voit. La répartition «clair – sombre» sur l'enceinte de l'espace a une influence essentielle sur l'ambiance et le bien-être dans l'espace:

- planer, ... liberté, légèreté, sensation quotidienne
- plonger, ... charge depuis le haut
- se présenter, ... le sol est sûr

- être protégé, ... type de base halle
- séjourner, ... sortie latérale possible
- observer l'obstacle à gauche, ... passer par la droite
- maintenir sa route, ... obstacles des deux côtés
- rester au milieu, ... côtés incertains
- observer la lumière du haut, ... type de base maison de cour
- prisonnier, ... se mettre au sol
- attendre, ... sentiment de caverne, sentiment de nuit
- s'étonner, ... charge plane en haut
- être protégé, ... la baignoire protège
- se balancer, ... forme dégagée et ouverte
- avancer, ... lumière en vue, type de base megaron
- rester devant, ... pas de passage à l'arrière

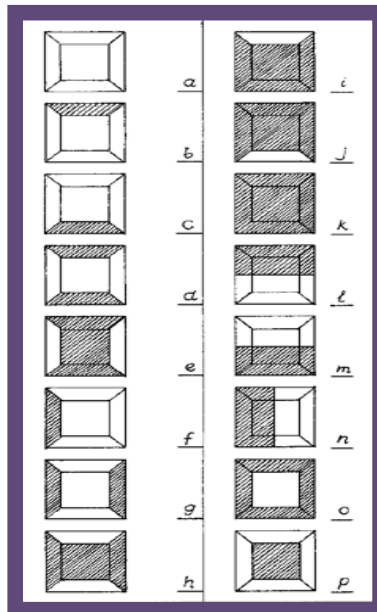


Figure 5-3 : Interprétation de l'espace, lumière et ombre

La définition de puissance d'éclairage et de densité lumineuse sur les niveaux de travail horizontaux procure un point de repère pour l'utilisation fonctionnelle et les performances

visuelles possibles dans ce lieu. Cela ne contient toutefois encore aucune affirmation concernant le caractère de l'espace et son impression.

IV. Classification de la lumière :

IV. 1/Plans de lumières fondamentaux :

Un signe distinctif habituel pour différencier des concepts de lumière est la classification en cas de lumière latérale ou lumière d'en haut. Pour ce faire, on considérera tout d'abord les types de base de la halle ou de l'arène.

Ceux-ci se distinguent élémentairement par le fait que dans un cas l'espace est seulement marqué par la surface du toit et dans l'autre seulement par les surfaces latérales. La lumière arrive donc ici par les surfaces latérales manquantes et là par la surface du toit manquante. Du point de vue de la fonction, la lumière latérale ne sert pas seulement de source de lumière mais elle assure en particulier un contact visuel sur l'espace extérieur. En utilisant de la lumière intensive du zénith, la lumière d'en haut se révèle être, en premier lieu, une source de lumière du jour efficace qui, grâce à sa position au-dessus de la tête, peut donner assez de lumière naturelle à des espaces de grande profondeur ainsi qu'à des espaces borgnes. La combinaison des deux typologies amène souvent à des solutions de technique de lumière idéales et attractives dans les espaces.

IV. 2/Lumière latérale :

En consultant le catalogue de lumière latérale, on constate qu'il n'est nullement égal si la fenêtre se trouve au milieu, au sol, sous le plafond ou même en dessus (comme lumière latérale haute), si la lumière vient du haut en passant par une cage ou si l'espace l'a reçoit comme pour une fenêtre d'atelier, respectivement une halle à voûte en berceau. Dans les derniers cas il s'agit de cas limites qui tendent vers la lumière d'en haut. Le classement comme lumière latérale – ou comme entrée de lumière d'en haut n'est pas toujours sans ambiguïté, comme le montre, par exemple, la fenêtre de toit traditionnellement posée dans un toit à grande pente (à la hauteur des yeux) : celle-ci offre d'une part un contact avec l'extérieur – bien que limité - tandis que l'intérieur de l'espace profite en même temps de la lumière du zénith et d'un ensoleillement intensif grâce aux angles d'entrée en pente.

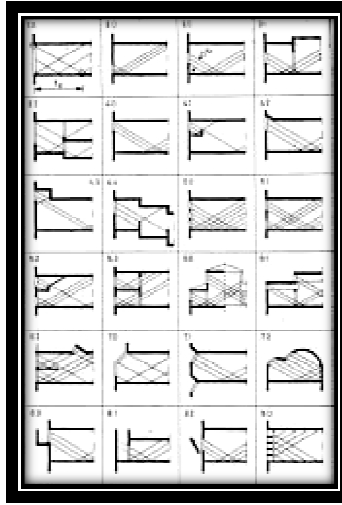


Figure 5-4: schéma du catalogue lumière latérale

IV. 3/Lumière d'en haut :

En examinant aussi le catalogue de la lumière d'en haut, on constate une multiplicité étonnante, sans aucune prétention de totalité. Du type de base de l'arène, un espace en plein air, le chemin mène en passant par la forme d'origine de l'habitat méditerranéen, la maison de cour dans laquelle tous les espaces sont rangés autour d'une cour de lumière centrale à un passage de deux ou plusieurs étages qui s'étend le long d'une bande lumineuse centrale ou latérale. En partant de cages de lumière d'en haut, disposées à des écarts au libre choix, concentrées ou dispersées pour l'éclairage en surface ou pour l'accentuation de situations particulières, on arrive à la lanterne de lumière d'en haut. En partant de la lumière Shed d'en haut unilatérale, orientée dans la plupart des cas vers le nord, on peut arriver à des solutions orientées des deux côtés qui mènent la lumière vers les parois de l'espace. Pour des espaces centraux, les ouvertures de lumières dans le sommet de la coupole ou dans le pied de la coupole jouent un rôle particulier. Les entrées de lumière d'en haut, esquissées ici, proviennent d'espaces qui servent aux utilisations les plus diverses. Dans le catalogue de lumière d'en haut, on y trouve aussi des concepts de lumière qui reçoivent la lumière depuis le côté. L'observateur dans l'espace ressent toutefois cette lumière comme une lumière d'en haut.

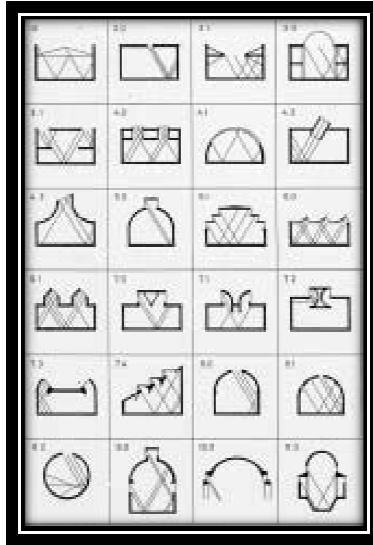


Figure5-5 : schema du catalogue de lumière d'en haut

IV. 4/Figuration :

La figuration de la lumière d'en haut a une importance spéciale dans l'effet FIGURATIONS que produit l'espace. Ce n'est pas la valeur de la puissance d'éclairage moyenne sur le niveau du sol qui est visuellement décisive mais le rapport aux limites verticales et aux parois ainsi que l'image de perforation du plafond:

- a) Une lumière d'en haut dans le milieu de l'espace fait de l'effet pour elle-même mais reste isolée.
- b) Quatre lumières d'en haut, assignées chaque fois à un des coins de l'espace, façonnent l'espace. Les situations de coin éclairées suffisent à estimer la dimension de l'espace. Les zones intermédiaires sont mentalement intégrées.
- c) Des lumières d'en haut rangées dans le milieu de l'espace saisissent une partie des parois frontales. L'extension dans la longueur est estimable.
Des insécurités apparaissent lors de l'estimation de l'extension dans la largeur. L'espace ne donne pas un effet d'unité mais de division.
- d) Des lumières d'en haut rangées le long des parois latérales soutiennent la perception de perspective de l'espace. Le milieu est ajouté mentalement. L'espace présente un effet d'unité.
- e) Des lumières d'en haut rangées dans une trame carrée marquent l'extension du plafond ce qui est de secours étant donné que le plafond est présent dans le champ visuel. Les parois deviennent actives visuellement dans la direction de la longueur et de la largeur. Toutefois, l'effet d'espace

est aussi positif ou négatif selon le rapport des parties de surface de plafond ouvertes et fermées («Ornement»)

f) Des lumières d'en haut en tant que trame couvrant le plafond de cages en forme de pyramides donnent l'impression d'un plafond flottant qui remplit tout l'espace de lumière.

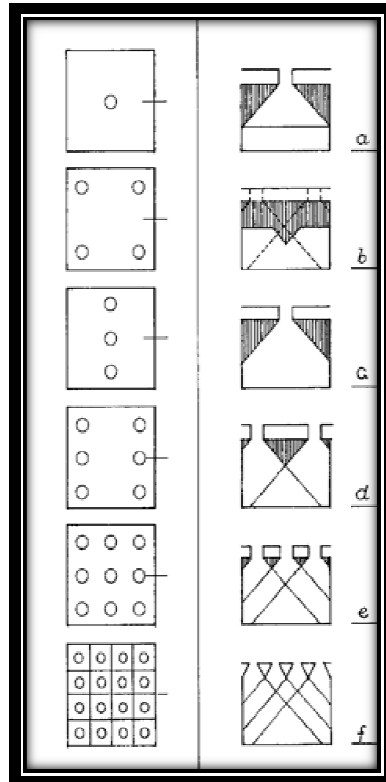


Figure5-6: Schema de figurations lumière d'en haut

Conclusion :

L'homme se tourne vers les solutions respectueuses de l'environnement pour se maintenir en bonne santé psychique et physique. Il réfléchit aux possibilités offertes par notre environnement naturel pour satisfaire ses besoins biologiques fondamentaux et qui vont permettre de le maintenir en bonne santé. C'est pourquoi il recherche une lumière de qualité. Les travaux sur la structure de la lumière naturelle montrent qu'elle offre un spectre plus complet que la lumière artificielle. Dans les bâtiments scolaires en particulier, cette recherche de confort lumineux est d'autant plus difficile à atteindre, cela s'explique par la présence d'un type d'utilisateur bien particulier : « l'enfant ».

Ils ont d'autant plus de soin au niveau de la qualité lumineuse, car comme nous l'avons souligné précédemment dans ce chapitre, la lumière naturelle joue un rôle très important dans l'évolution du travail en classe des jeunes enfants, modifiant leurs comportements et leurs résultats scolaires et même leur état de santé, et c'est sur ces points que nous avons accentué notre recherche.

Introduction :

Jusqu'ici nous avons abordé à travers plusieurs chapitres l'importance qu'avait la lumière naturelle sur le bien être et ses effets, notamment sur les jeunes enfants.

Sur ce, il est impératif pour l'architecte, autant que concepteur, d'établir une étude post conceptuelle et cela pour déterminer au mieux les besoins du point de vue éclairage naturel et de trouver un équilibre adéquat entre les différents effets qu'offre la lumière naturelle du côté quantitatif et qualitatif et cela pour répondre aux exigences des usagers.

Ce chapitre est un descriptif global des différents cas d'études pris pour exemples pour une analyse comparative, afin d'arriver à la fin, à des recommandations liées à l'ensoleillement et l'éclairage naturel des écoles primaires.

Les écoles ont été prises selon différents critères, tel que : l'orientation, le type de matériau, le système constructif, la période de construction...etc, et cela pour diversifier au maximum les chances d'aboutir à des résultats fiables.

I. Etude de l'éclairage dans la présente recherche:

I. 1/Technique et méthode d'investigation :

Pour ce qui est des outils d'investigations, il existe plusieurs méthodes pour l'évaluation du confort lumineux dans divers espaces, tel que :

- Collecte de données par questionnaire ou interviews...etc.
- Les prises de mesures in situ sur des modèles réels.
- Les simulations informatiques à l'aide de différents logiciels tel que : Ecotect, Radiance, Dial...etc.

Dans notre cas, tous ces outils de simulations traitent l'éclairage naturel, et pour plus de précision, nous avons eu recours aux trois méthodes dans le but d'évaluer le confort visuel et lumineux dans les écoles primaires dans la ville de Sétif.

I. 2/Présentation et situation de la ville :

Location	Nord est Algérien
Longitude	7° EST
Latitude	36°17' NORD
Altitude	1115m

Tableau 6-1 : situation de la ville de Sétif, source : auteur

La ville de Sétif se situe entre la latitude 36°17' et la longitude 7° en plein centre de l'est algérien. Chef lieu de wilaya, la ville est située en altitude (1115 m) sur un étroit plateau rocheux.

La situation de Setif, dans une zone limitée au sud par le Sahara avec son climat continental et au nord par la méditerranée avec son climat tempéré, lui permet d'avoir des caractéristiques spécifiques.

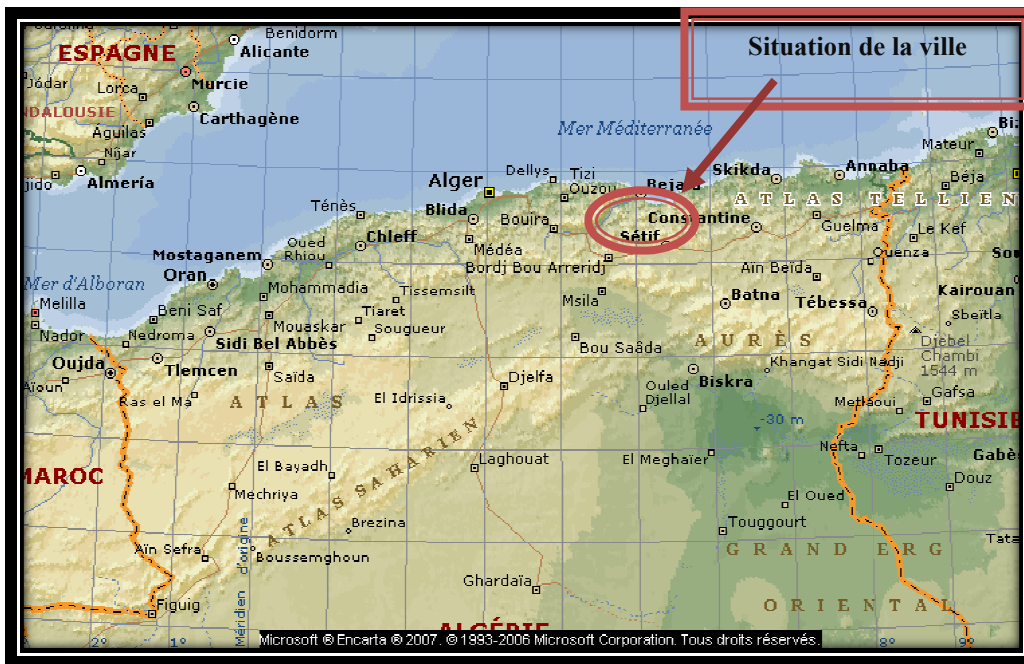


Figure 6-1 : Plan de situation de la ville de Sétif, Source : auteur

I. 3/Analyse des éléments du climat :

La ville de Sétif fait partie de la zone climatique E2 (zone d'été) et H2a (zone d'hiver) déterminée par deux saisons principales :

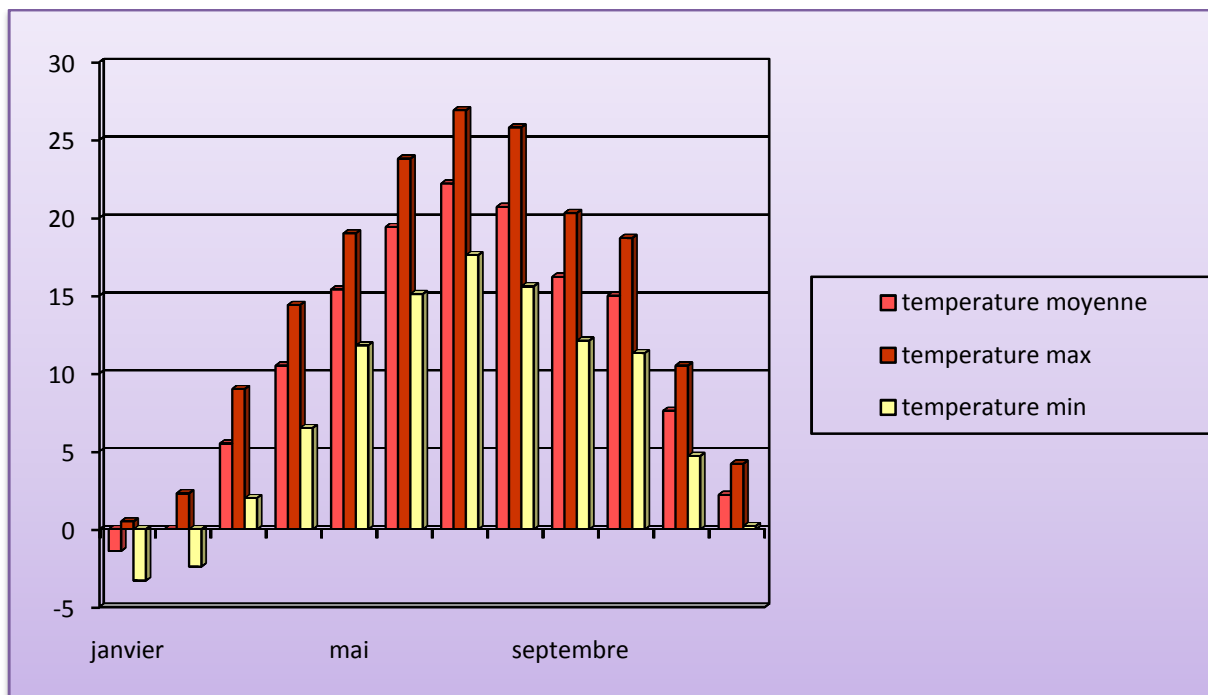
- _ Un été plus chaud et moins humide où l'écart de température diurne est important.
- _ Un hiver froid, avec un écart de température diurne important¹.

I. 3-1/La température de l'air :

Définie comme étant une grandeur physique qui indique le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la terre². L'évolution des températures moyennes mensuelles est régulière. On estime que la température moyenne annuelle est de 16.3°C avec une minima de 7.5 en Janvier et une maxima de 26.8°C en aout. Les différences journalières sont rarement observer contrairement aux amplitudes annuelles entre le mois plus chaud et le mois le plus froid, d'où résultent deux périodes bien distinctes. Une saison chaude et sèche s'étalant du mois de juin jusqu'au mois de septembre avec des températures moyennes comprises entre 22.3°C et 26.8°C.

¹ Ministère de l'habitat : « *Recommandations Architecturales* » ENAG éditions, Alger 1993, p 9.

² CRAU (Centre de recherche en architecture et en urbanisme El Harrach. En collaboration avec l'université des nations unies UNU) : « *Village solaire intégré* ». Edition OPU.1988.

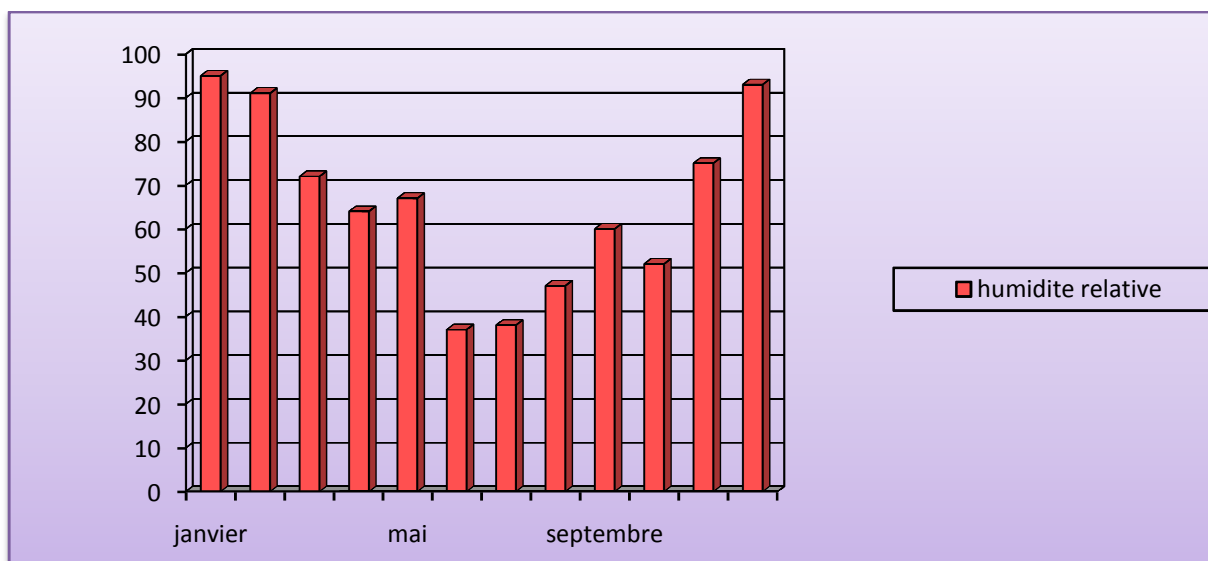


Graph 6-1 : Température de l'air, source : *O.N.M de Setif*

I. 3-2/L'humidité relative :

La courbe des humidités relatives croit dans le sens inverse de celle des températures et des radiations solaires. La moyenne annuelle des humidités relatives est de 65.05 % .

Les humidités les plus élevées correspondent aux mois les plus froids et vice versa; ce qui suggère que le climat de la ville de Sétif soit humide et froid en hiver avec une moyenne de 76,4% pour le mois de décembre et assez sec et chaud en été avec une moyenne de 49, 65 % pour le mois de juillet.



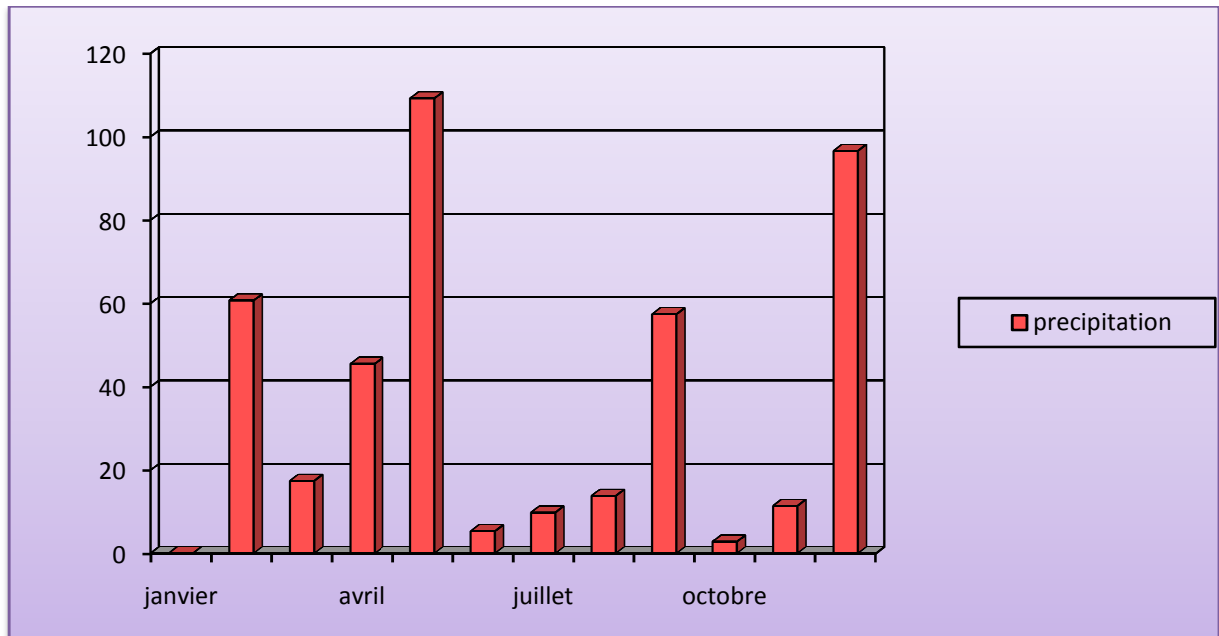
Graph 6-2 : l'humidité de l'air, source : *O.N.M de Setif*

La moyenne mensuelle atteint une valeur maximale de 76,4% au mois de décembre pour le mois le plus humide et une valeur minimale de 49.56 % au mois de juin pour le mois le plus sec.³

I. 3-3/Les précipitations :

Les précipitations sont considérées comme un élément déterminant dans la classification du climat. De ce fait, la lecture de l’histogramme des précipitations de la ville de Sétif nous fait part d’une irrégularité des précipitations avec une pluviosité annuelle moyenne de 535,3mm. La répartition annuelle de ces dernières est marquée par une courte période de sécheresse s’étalant du mois de juin jusqu’au mois d’août avec un minimum de 5,6mm.

Le reste paraît humide avec un maximum de 83,9 mm enregistré au mois de décembre (le mois le plus pluvieux).



Graph 6-3 : Précipitation, source : O.N.M de Setif

I. 4/Détermination de la zone climatique de la ville de Sétif :

En appliquant la formule de Martonne :

$$Im = P / (T + 10) \dots\dots\dots [1]$$

Où : Im est l’indice d’aridité, P : précipitation annuelle, T : température moyenne annuelle, on obtient un Im=18.75, donc : **10 < Im < 203**

³ Source : O.N.M de Setif

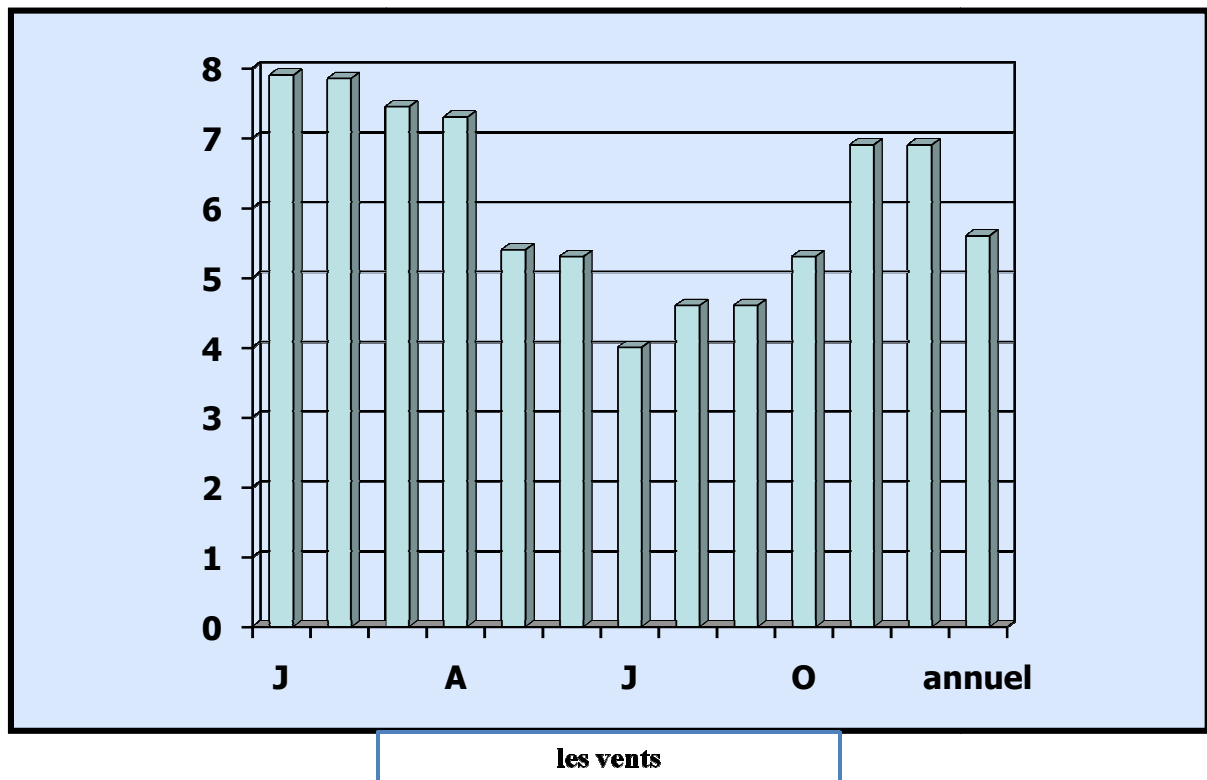
De part cette valeur calculée de l'indice de ED Martonne, la ville de Sétif est classée comme région à climat **semi aride**.

I. 4-1/Le vent :

Caractérisé par sa direction et sa vitesse, le vent est un paramètre important dans les échanges par convection et par évaporation. Ces dernier qui sont variables selon la saison, prédominent en général le ville de Sétif, assez faibles à moyens d'une vitesse moyenne de 2,6 m/s avec une valeur minimale correspondant au mois de septembre atteignant 2,1 m/s et une valeur maximale de 2,9 m/s enregistrée aux mois de février, avril et décembre ; cette période correspond à la période froide de l'année.

Quant à la direction des vents, elle diffère selon la saison:

- les vents froids d'hiver proviennent du Nord et Nord-ouest
- les vents chauds et secs d'été proviennent du Sud et Sud-ouest.



Graphe 6-4 : les vents, source : O.N.M de Setif

I. 5/Analyse bioclimatique de la ville de Sétif :

L'analyse bioclimatique repose essentiellement sur l'analyse des données climatiques de la ville de Sétif en exploitant les tableaux de Mahoney, les diagrammes psychrométriques de

Givoni et notamment de Steeve Szokolay pour ressortir enfin des recommandations conformes au climat de la région.

I. 5-1/Application de la méthode de Mahoney :

TABLES DE MAHONEY :

TABLE1 : TEMPERATURES

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temp. Moy. Max	1	4	9	14	18	24	27	26	20	18	11	4
Temp. Moy. Min	-3	-1	3	6	11	15	23	16	12	11	5	0
E.D.T.	4	5	6	8	7	9	4	10	8	7	6	4

La + haute	TAM
	14.5
	30

TABLE 2 : HUMIDITE, PLUIE, VENT

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité Rel. Max	95	90	70	62	68	38	39	48	60	50	75	92
Humidité Rel. Min.	85	81	59	58	59	20	20	30	50	45	60	88
Humidité Rel. Moy.	30	85.5	64.5	60	63.5	29	29.5	39	55	47.5	67.5	90
Groupe (G.H.)	1	4	3	3	3	1	1	2	3	2	3	4
Pluie (mm)	12	60	18	42	115	05	10	18	58	05	17	90

G.H.	
≤ 30%	1
30-50	2
50-70	3
≥ 70	4

TABLE3 : CONFORT

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Groupe Hygro (G.H.)	1	4	3	3	3	1	1	2	3	2	3	4

Températures

Moy. Mens. Max.	1	4	9	14	18	24	27	26	20	18	11	4
Confort diurne	Maxi	25	25	25	25	25	28	25	25	25	25	25
	Mini	20	20	20	20	20	20	21	20	20	20	20
Moy. Mens. Mini	-3	5	6	8	7	9	4	10	8	7	6	4
Confort nocturne	Maxi	20	20	20	20	20	21	20	20	20	20	20
	Mini	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Stress thermique

Jour	F	F	F	F	/	/	/	C	/	F	F	F
Nuit	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F

C : trop chaud
/ : confort

En appliquant la méthode de Mahoney sur la ville de Sétif sous la latitude 36°17 Nord, maintes recommandations sont déduites :

- Orientation Nord – Sud (Grand axe Est – Ouest).
- Plan de masse et volume compact.
- Ouvertures de petite taille 15-25%.
- Murs extérieurs et intérieurs épais et à forte inertie (matériaux à grande capacité thermique).
- Toits massifs et bien isolés avec un temps de déphasage dépassant 8 heures.
- Espaces extérieurs pour terrasse est demandés, pour dormir le soir.
- Drainage adéquat des eaux pluviales.

I. 5-2/ Application de la méthode de Szokolay :

La méthode de Szokolay consiste à établir la zone neutre de confort en plus des différentes zones de contrôle potentiel selon les données climatiques propres à la région d'étude⁴. La lecture du diagramme psychrométrique de la ville de Sétif (fig), fait ressortir deux périodes distinctes :

- **Une période chaude** : où les températures sont très élevées et l'humidité relative basse qui correspond aux mois de juin, juillet, août, durant laquelle un contrôle de la radiation par effet de masse avec une ventilation nocturne sont nécessaires.

Durant les périodes caniculaires, particulièrement pour les mois de juillet et août, il est nécessaire de rajouter un système de rafraîchissement par évaporation.

- **Une période fraîche** : caractérisée par des températures basses, où le chauffage solaire passif ressort comme recommandation. On remarque bien qu'une infime partie de la saison hivernale se situe dans la zone de chauffage solaire passif pour les mois de mai et octobre où une bonne orientation, un bon dimensionnement des ouvertures suffiraient à ramener l'ambiance près de la zone de confort. Tandis que la majeure partie des mois d'hiver correspondant aux mois les plus froids : décembre, janvier et février, le confort thermique ne peut être atteint sans le chauffage d'appoint.

⁴ SZOKOLAY.S.V : « Environmental science handbook for architects and builder » the CONSTRUCTION PRESS, LACASTRE, London, New York. 1979, p263.

I. 5-3/ Méthode de détermination des zones de confort : STEEVE SZOKOLAY

A-Détermination de la zone de confort :

a) La température moyenne annuelle :

$$T_m = \Sigma tm/12 = 11.91^\circ\text{C}$$

b) La température neutre sera :

$$T_n = 17.6 + (0.31 \times T_m).$$

$$T_n = 21.29^\circ\text{C}$$

c) Limites de la zone de confort:

Porter sur le graphe le point neutre à l'intersection de T_n et la ligne représentant 50% d'humidité relative.

Les points 1 et 2 correspondront à celle de 12 g/kg.

$$T_1 = T_n + (A_{hn} - 12) \times 0.025 \times (T_n - 14) - 2$$

$$T_1 = 18.68^\circ\text{C}$$

Où A_{hn} représente l'humidité absolue du point de neutralité.

$$T_2 = T_1 + 4.$$

$$T_2 = 22.68^\circ\text{C}$$

$$T_3 = T_1 + 0.2 \times (T_1 - 14).$$

$$T_3 = 19.64^\circ\text{C}$$

$$T_4 = T_2 + 0.2 \times (T_2 - 14).$$

$$T_4 = 24.41^\circ\text{C}$$

Les points 3 et 4 correspondront à celle de 4g/kg.

B- Détermination de la zone potentielle de confort

$$T_5 = T_2 + 0.5 dT_m$$

$$T_5 = 37.68^\circ\text{C}$$

Où $dT_m = T_{\text{moy max}} - T_{\text{moy min}}$

$$dT_m = 27 - (-3) = 30^\circ\text{C}$$

Le sommet 5 se situe sur la figure de l'humidite absolue de 12g/kg

$T_6 = T_5 - 0.05 (T_5 - 14)$ situe à la ligne d'humidité absolue qui correspond à 14 g/kg.

$$T_6 = 36.49^\circ\text{C}$$

$T_7 = T_5 - 0.2 (T_5 - 14)$ correspond à la ligne 4 g/kg.

$$T_7 = 42.41^\circ\text{C}$$

C-Détermination de la zone de masse thermique combinée a la ventilation nocturne :

$T8 = T2 + 0.8 dT_m$ correspond à la ligne 12g/kg d'humidité absolue.

$$T8 = 46.68^{\circ}C$$

$T9 = T8 - 0.05(T8 - 14)$ Le point 9 correspond à la ligne 14 g/kg (HA).

$$T9 = 45.04^{\circ}C$$

$T10 = T8 + 0.2 (T8 - 14)$. Le point 10 correspond à la ligne 4 g/kg.

$$T10 = 53.21^{\circ}C$$

D-Détermination de la zone de la ventilation transversale :

$T11 = T2 + 5$. Le point 11 correspond à la ligne 12 g/kg.

$$T11 = 27.68^{\circ}C$$

$T12 = T2 + 5$ correspond à la ligne de 4 g/kg (HA).

$$T12 = 29.04^{\circ}C$$

$T13 = T1$ correspond à la courbe de l'humidité relative de 90%.

$$T13 = 18.68^{\circ}C$$

$T14 = T11 - 0.025(T11 - 14) \cdot 8$. le point 14 sera localisé par la courbe de 90% d'humidité relative.

$$T14 = 24.94^{\circ}C$$

E-Zone de refroidissement par évaporation :

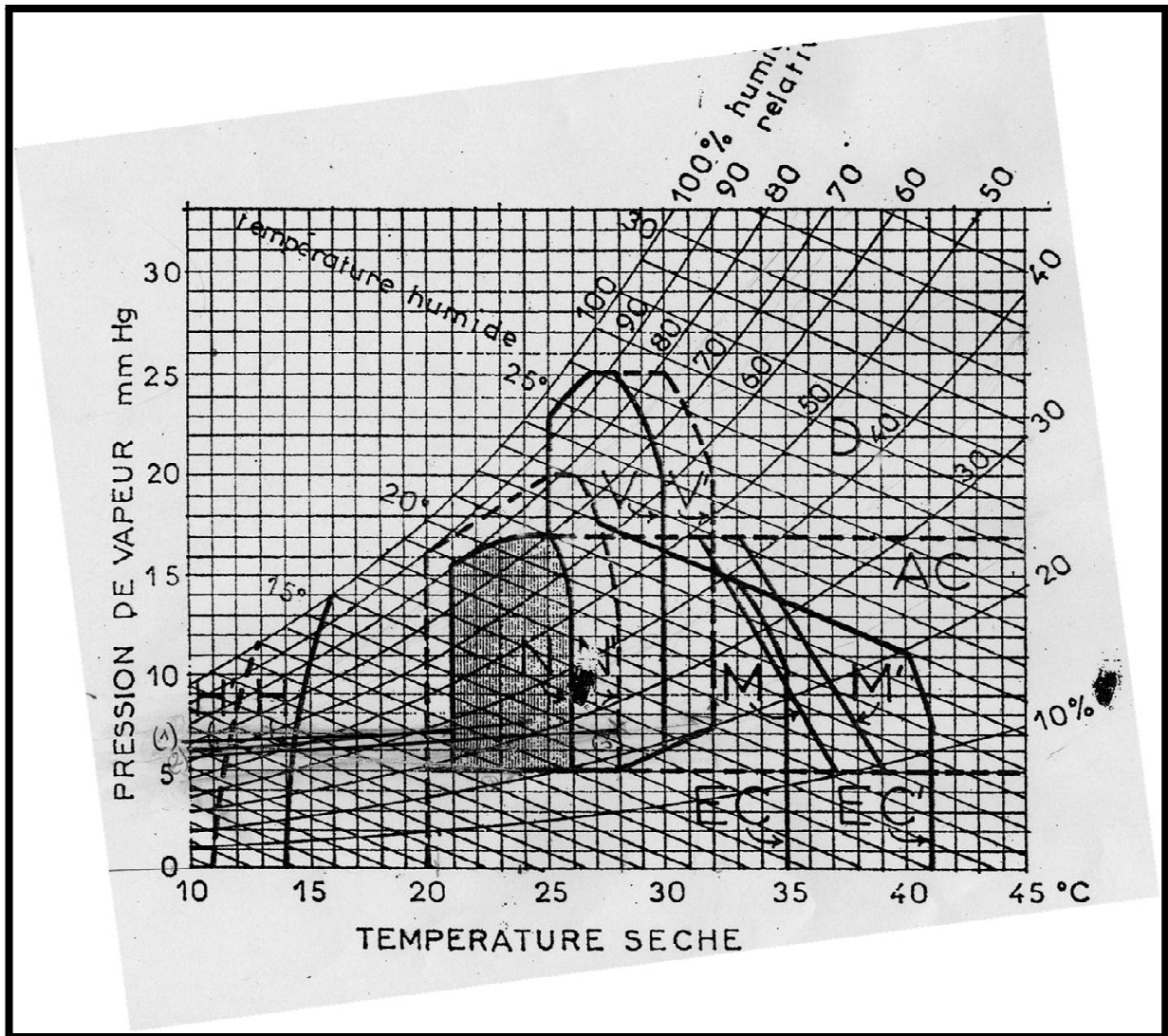
$T15 = T_n + 12$. Celle-ci se situe sur la figure de l'humidité absolue de 0g/kg

$$T15 = 33.29^{\circ}C$$

F-Zone de refroidissement par évaporation indirecte :

$T16 = T_n + 15$. Celle-ci se situe sur la ligne de l'humidité absolue de 14g/kg.

$$T16 = 36.29^{\circ}C.$$



Graphe 6-5 : Détermination de la zone de confort, source : auteur

II. Choix de l'objet d'étude :

Les échantillons objet de notre étude sont des écoles. Elles ont été minutieusement sélectionnées et choisies parce qu'elles présentent un cas d'éclairage différent. Ce dernier a la capacité de procurer des expériences diversifiées à ses occupants dans un but de confirmer ou infirmer les hypothèses émises et par conséquent d'atteindre notre objectif.

. La facilité de l'accès aux écoles est aussi un critère que nous avons pris en considération pour les choix. Les relevés ont été concentrés sur les endroits de l'école où les élèves passent les plus grandes parties de leurs temps : les salles de classes.

II. 1/ Description générale des écoles :

II. 1-2/L'école Khabeba :

II. 1-2-1/Historique de l'école Khabeba :

Tout les renseignements qui vont suivre ont été puises auprès du personnel administratif de l'école lors des différentes visites qu'on a effectué.

La première école étudiée se situe a l'est de l'intra muros (noyau historique) de la ville de Sétif (cite des cheminots). Bâtie en 1935 par l'architecte espagnol Xavier Salvador, elle est considérée comme étant un point de repère très célèbre dans le quartier et ses environs, on peut même dire qu'elle fait partie de la mémoire du peuple setifien.



Figure 6-2 : Plan de masse de l'école Khabeba, source : auteur

Elle accueille des élèves allant de la classe préparatoire jusqu'à la cinquième fondamentale.

Elle est située en plein centre du quartier des cheminots. Tout au tour, des ilots résultant d'un tracé en damier (architecture coloniale) abritant des demeures individuelles destinées autrefois aux employés du chemin de fer.

L'école est composée de deux blocs en forme de rectangle, le premier a ouvert ses portes pour l'année scolaire 1937-1938, tandis que le second n'a été achevé qu'en 1957, il a été choisis pour les garçons des employés des chemins de fer, avec pour minorité d'algériens.

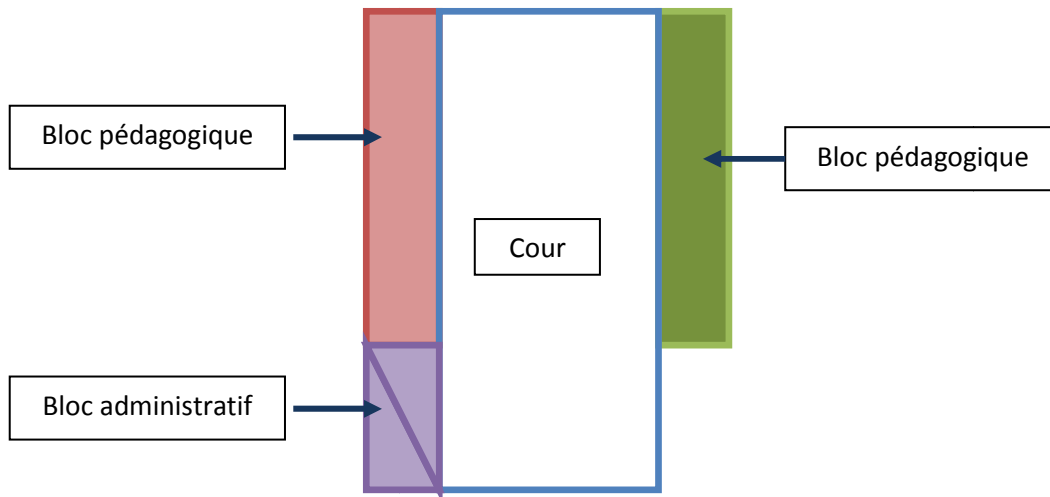


Figure 6-3 : schéma de l'école Khabeba, source : auteur

Les deux blocs sont séparés par une large cour très agréable, ils sont bâtie sur rez- de-chaussée uniquement et abritent essentiellement les salles de classes.

Le boc administratif vient se tenir perpendiculairement par rapport au deux blocs.

La figure 02 démontre un plan du rez de chaussée de l'école.



Photos de différentes ouvertures des deux salles de classe de l'école Khabeba

II. 1-2-2/ Le milieu physique et l'éclairage de l'école :

Le bâtiment a une surface construite d'environ 3000 m², sa structure est principalement constituée d'une structure porteuse (mur porteur en pierre) de 50cm d'épaisseur.

L'accès à l'école se fait par deux portes, une réservée au personnel administratif et aux enseignants, et l'autre réservée aux élèves.

Les salles de classes sont bien éclairées à vue d'œil et cela grâce aux larges fenêtres existantes dans les deux parois latérales.



Photos de différentes ouvertures des deux salles de classe de l'école Khabeba

II. 1-3/ l'école Ziad :

II. 1-3-1/Historique de l'école :

Tous les renseignements qui vont suivre ont été puisés auprès du personnel administratif de l'école lors des différentes visites qu'on a effectuées.

L'école Ziad se situe à l'est du noyau historique de la ville de Sétif. Elle fut bâtie en 1972 par un architecte algérien, elle est considérée comme étant l'une des premières écoles édifiées après l'indépendance.



Figure 6-3 : Plan de masse de l'école Ziad

Elle accueille des élèves allant de la classe préparatoire jusqu'à la cinquième fondamentale.

Elle est située à l'extrémité de la cite des cheminots.

Au sud et à l'ouest vient se dresser des habitations du quartier des cheminots, tandis qu'au nord et l'est, se sont des bâtiments du type collectifs qui le bordent.

L'école est composée de deux blocs rectangulaires séparés par une large cour, le troisième bloc abritant l'administration qui vient se tenir perpendiculairement par rapport aux deux précédant.

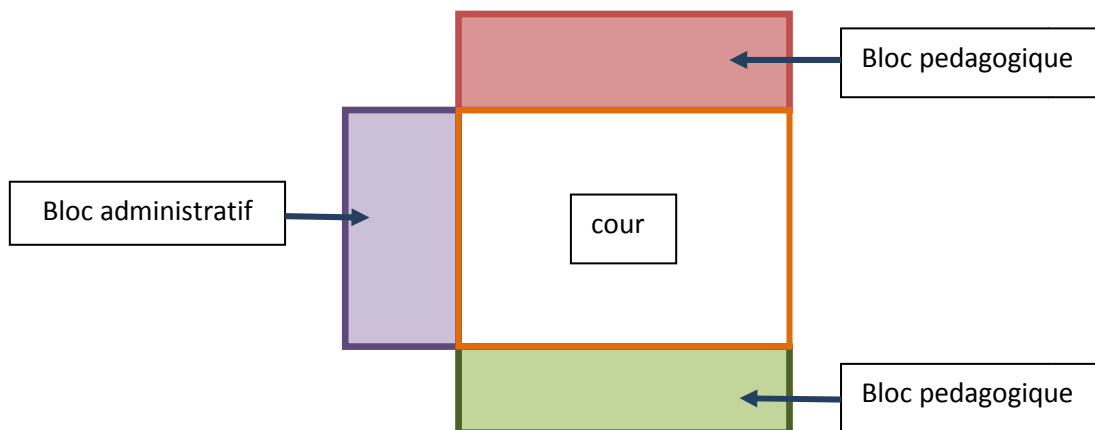


Figure 6-4 : schéma de l'école Ziad, source : auteur

L'école est mixte, à double vacation, elle est composée d'un rez de chaussée plus deux étages. Ces derniers abritent toutes les salles, dix huit en tous.

II. 1-3-2/ Le milieu physiques éclairage de l'école :

Le bâtiment a une surface construite d'environ m². Sa structure est principalement constituée de poteaux poutre d'une trame de 4m sur 3m, les dimensions du poteau est de 30cm*30cm.

L'accès à l'école se fait par deux portes, une réservée au personnel administratif et aux enseignants, et l'autre réservée aux élèves.

Les salles de classes sont pas bien éclairées et cela malgré l'existence des fenêtres plus au moins large, ses dernières sont partiellement peintes d'une peinture claire mais qui rend l'accès de la lumière naturelle difficile surtout en étant fermé.



Photos de différentes ouvertures des deux salles de classe de l'école Ziad

II. 1-4/ l'école Cheikh abdou :

II. 1-4-1/Historique de l'école :

Tout les renseignements qui vont suivre ont été puises auprès du personnel administratif de l'école lors des différentes visites qu'on a effectué.

L'école Cheikh Abdou se situe a nord est de la ville de Sétif. Elle fut bâtie en 1955 par un architecte français, elle est l'une des plus belles écoles de la ville et cela grâce a son implantation dans un quartier agréable qui est le quartier bouaroua.

Elle est bordée au sud et a l'est par les bâtiments de la cite sinistal et la promotion immobilière au nord, c'est une partie du quartier populaire de Tandja qui la délimite, a l'ouest, une caserne on trouve une caserne militaire.

Elle accueille des élèves allant de la classe préparatoire jusqu'à la cinquième fondamentale.

Elle a une capacité d'accueil de 240 élèves encadrés par huit enseignants.



Figure 6-6 : Plan de masse de l'école Cheikh Abdou

L'école est composée de trois blocs rectangulaires disposés en L, deux d'entre eux sont réservés aux salles de classes et l'autre abrite l'administration comme le montre la figure 04.

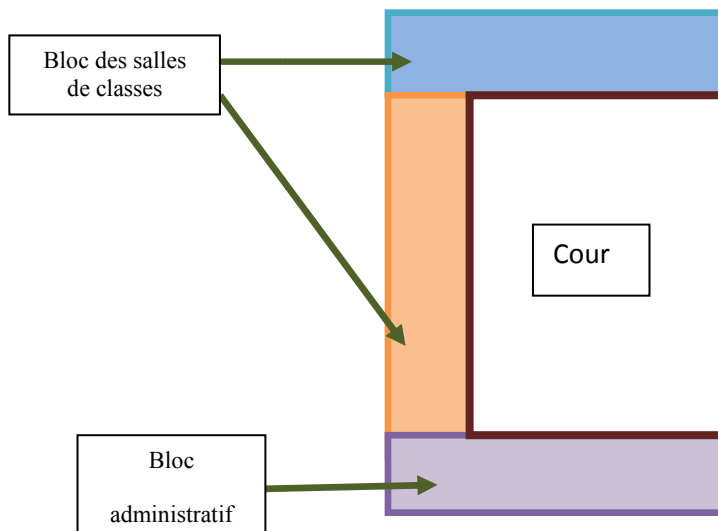


Figure 6-7 : schéma de l'école cheikh Abdou, source : auteur

L'école est mixte, à simple vacation, elle est composée d'un rez de chaussée qui compte huit salles de classes.

II. 1-4-2/ Le milieu physiques et éclairage de l'école :

Le bâtiment a une surface construite d'environ 3000 m². Sa structure est principalement constituée de poteaux poutre d'une trame de 4m sur 3m, les dimensions du poteau est de 30cm*30cm.

L'accès à l'école se fait par une seule portes qui accueille le personnel administratif, les enseignants et les élèves.

Les salles de classes sont bien éclairées et cela grâce à l'existence de larges fenêtres comprises dans les parois de la salle, et en plus elle est ouverte directement sur un couloir constitué d'une baie vitrée d'une longueur de 18m et d'une largeur de 2m.



Photos du couloir



Photos de différentes ouvertures des deux salles de classe de l'école Cheikh Abdou

II. 1-5/ l'école Bouguessa :

II. 1-5-1/Historique de l'école :

Tout les renseignements qui vont suivre ont été puises auprès du personnel administratif de l'école lors des différentes visites qu'on a effectué.

L'école Bouguessa se situe au sud de la ville de Sétif, près de l'un des quatre faubourgs de la ville : le faubourg de la gare. Elle fut bâtie en 1951 par un architecte français, d'un style typiquement coloniale elle ne passe pas inaperçus dans le quartier vu son architecture pure et simple. Implantée dans un quartier ou les Harats prime, elle fait partie du patrimoine de la ville.

Elle accueille des élèves allant de la classe préparatoire jusqu'à la cinquième fondamentale.

La gare ferroviaire lui fait guise de barrière au sud, au nord, c'est le centre de police n 2 qui l'entoure, tandis qu'a l'est et a l'ouest ce sont les fameuses Harats de la ville qui la limites.

Elle accueille des élèves allant de la classe préparatoire jusqu'à la cinquième fondamentale.

Elle a une capacité d'accueil de 324 élèves encadrés par 15 enseignants.



Figure 6-8 : Plan de masse de l'école Bouguessa

L'école est mixte, à double vacation, elle est composée d'un rez de chaussée et un étage ou se trouve huit salles de classes.

L'école est composée d'un seul bloc de forme rectangulaire qui abrite l'ensemble des salles de classes ainsi que l'administration.

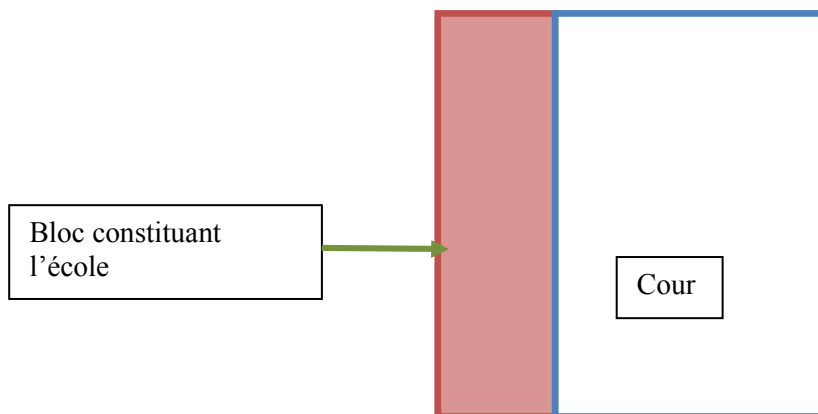


Figure 6-9 : schema de l'école Bouguessa, source : auteur

II. 1-5-2/ Le milieu physiques et éclairage de l'école :

Le bâtiment a une surface construite d'environ 2560 m². Sa structure et principalement constituée de poteaux poutre d'une trame de 5m sur 4m, les dimensions du poteau est de 30cm*30cm.

L'accès à l'école se fait par une seule portes qui accueille le personnel administratif, les enseignants et les élèves.

Les salles de classes ne sont pas bien éclairées et cela a cause de la peinture qui est posée directement sur les fenêtres, un corridor semi couvert qui en temps normal, laisserai une quantité suffisante de lumière naturelle.

II. 1-6/ l'école Mihada Elaid :

II. 1-6-1/Historique de l'école :

Tout les renseignements qui vont suivre ont été puises auprès du personnel administratif de l'école lors des différentes visites qu'on a effectué.

L'école Mihada Elaid se situe au sud ouest de la ville de Sétif, près des nouvelles ZONE de la ville. Elle fut bâtie en 1987 par un architecte algérien, elle fait partie des nombreuses écoles obéissant a un plan standardisé qui fut mis sur le marché dans les années 80.

Elle accueille des élèves allant de la classe préparatoire jusqu'à la cinquième fondamentale. Elle a une capacité d'accueil de 450 élèves encadrés par 25 enseignants.

Elle se limite au nord par la cité résidentielle Lahchame, au sud la cité résidentielle Ould braham , a l'est la cité des 1006 logements et a l'ouest la cité résidentielle du 1er novembre .



Figure 6-10 : Plan de masse de l'école Mihada Elaid

L'école est mixte, à double vacation, elle est composée d'un rez de chaussée et un étage où se trouve 16 salles de classes.

L'école est composée de deux blocs de forme rectangulaire qui abrite l'ensemble des salles de classes ainsi que l'administration.

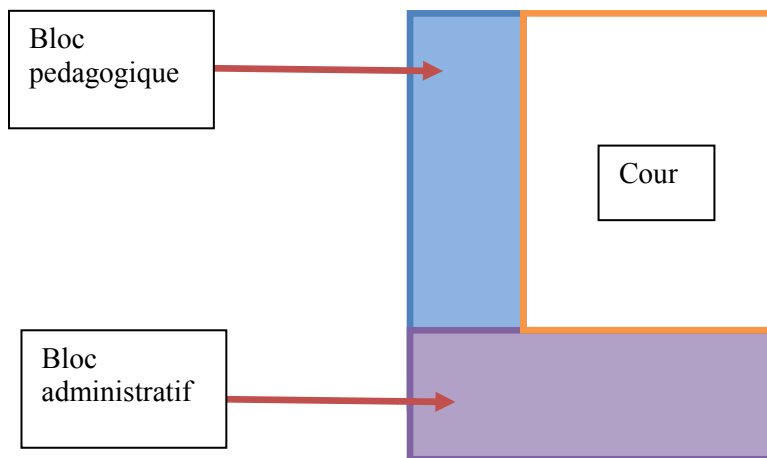


Figure 6-11 : schéma de l'école Mihada el aid, source : auteur

II. 1-6-2/ Le milieu physiques et éclairage de l'école :

Le bâtiment a une surface construite d'environ 3200 m². Sa structure est principalement constituée de poteaux poutre d'une trame de 4m sur 4m, les dimensions du poteau est de 30cm*30cm.

L'accès à l'école se fait par une seule porte qui donne sur la cour et qui oriente ensuite le personnel administratif et les enseignants vers l'administration et les élèves aux salles de classes.

Les salles de classes ne sont pas bien éclairées et cela a cause de la présence des rideaux sombres qui sont tout le temps mis même en plein jour



Photos de différentes ouvertures des deux salles de classe de l'école Mihada Elaid

II. 1-7/ l'école Tcheir :

II. 1-7-1/Historique de l'école :

Tout les renseignements qui vont suivre ont été puises auprès du personnel administratif de l'école lors des différentes visites qu'on a effectué.

L'école Tcheir se situe l'ouest de la ville de Sétif, implantée au milieu de l'une des plus ancienne cité de logements de la ville, elle fut bâtie en 1980 par un architecte algérien, elle aussi fait partie des nombreuses écoles obéissant a un plan standardisé qui fut mis sur le marché dans les années 80.

Elle accueille des élèves allant de la classe préparatoire jusqu'à la cinquième fondamentale. Elle a une capacité d'accueil de 135 élèves encadrés par 12 enseignants.

Elle se limite au nord a l'est et a l'ouest par la cité des 248 logements, plus connu par la cité Elmaabouda, et au sud par la RN 5.

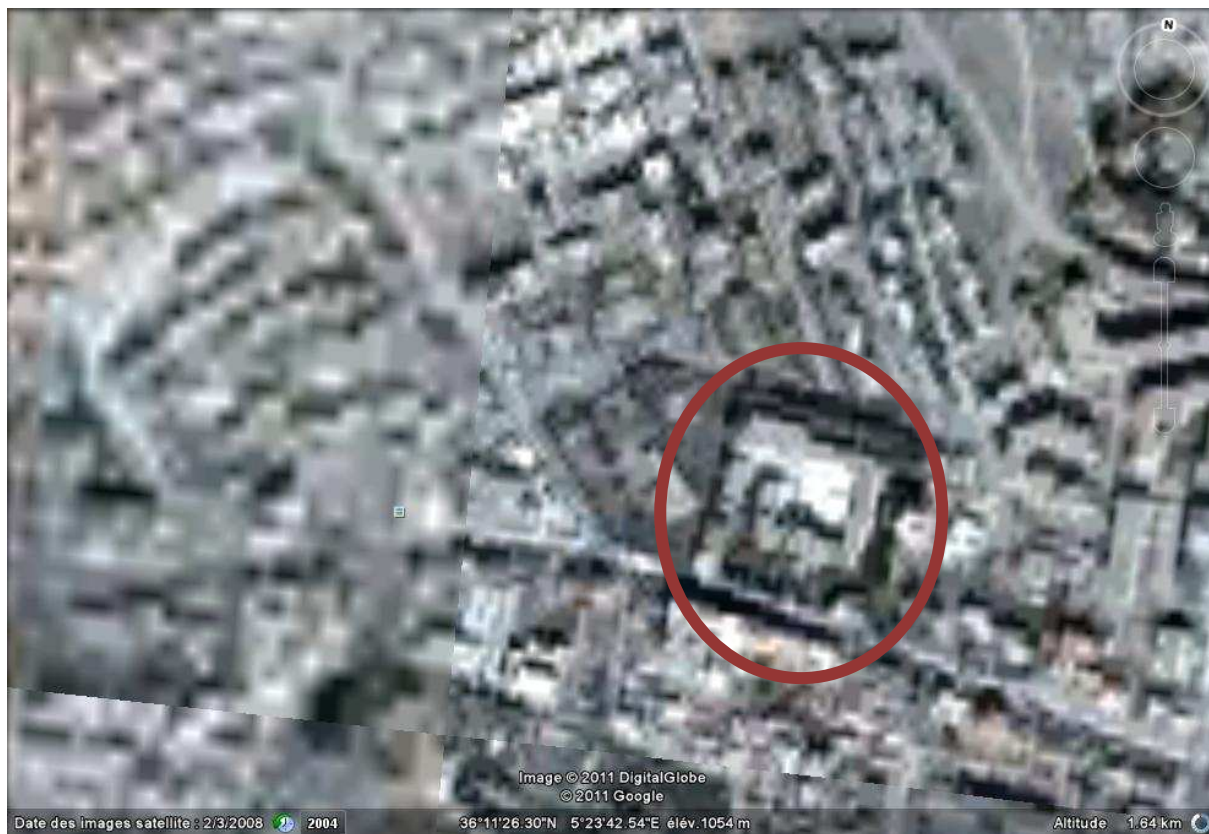


Figure 6-12 : Plan de masse de l'école Tchear

L'école est mixte, à simple vacation, elle est composée d'un rez de chaussée et un étage où se trouve 12 salles de classes.

L'école est composée d'un seul bloc de forme rectangulaire qui abrite l'ensemble des salles de classes ainsi que l'administration.

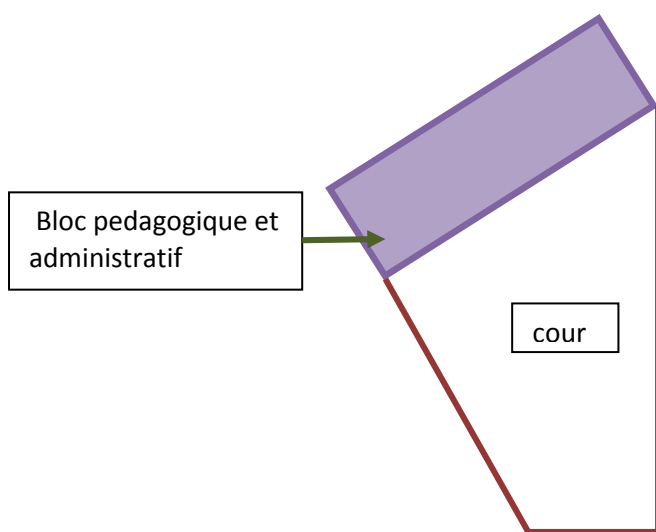


Figure 6-13 : schema de l'école Tchear, source : auteur

II. 1-7-2/ Le milieu physiques et éclairage de l'école :

Le bâtiment a une surface construite d'environ 2500 m². Sa structure est principalement constituée de poteaux poutre d'une trame de 4m sur 4m, les dimensions du poteau est de 30cm*30cm.

L'accès à l'école se fait par une seule porte qui donne sur la cour et qui oriente ensuite le personnel administratif et les enseignants vers l'administration et les élèves aux salles de classes.

Les salles de classes ne sont pas bien éclairées et cela a cause de la peinture qui est posée directement sur les fenêtres de manière aléatoire.



Photos de différentes ouvertures des deux salles de classe de l'école Tchey

III. Récapitulatif des caractéristiques technologiques des différents échantillons :

ECOLE	CLASS E	ORIENTATIO N	ETAG E	NOMBR E DE FENET RES	MATERIAU X	NOMBRE D'OCCUPAN TS	TEMPERATU RE MOYENNE	HUMIDIT E MOYENN E
Ecole Khabeba	Classe 01	EST	Rdc	03	*Mur en pierre d'une épaisseur de 50cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	30 élèves de 6 a 7 ans Et le maitre	31.66	30.58
	Classe 02	OUEST	Rdc	03	*Mur en pierre d'une épaisseur de 50cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	32 élèves de 8 a 9 ans Et le maitre	31.66	30.58
Ecole Ziad	Classe 01	EST	Rdc	02 F1 et 04 F2	*Mur en parping d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	32 élèves de 8 a 9 ans Et le maitre	27,77	32
	Classe 02	OUEST	2eme étage	02 F1 et 04 F2	*Mur en parping d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	35 élèves de 8 a 9 ans Et le maitre	27,77	30,5
ecole Bouguessa	Classe 01	EST	Rdc	06	*Mur en parpaing d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	28 élèves de 6 a 7 ans Et le maitre	30	33.66
	Classe 02	OUEST	2eme étage	06	*Mur en parpaing d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	28 élèves de 8 a 9 ans Et le maitre	30	34
ecole Tcheir	Classe 01	SUD	Rdc	06	*Mur en parpaing d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple	35 élèves de 6 a 7 ans Et le maitre	29,36	35,44

					vitrage.			
	Classe 02	SUD	1er étage	06	*Mur en parpaing d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	35 élèves de 6 à 7 ans Et le maître	29,36	32,54
Ecole Cheikh Abdou	Classe 01	OUEST	Rdc	04	*Mur en parpaing d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	29 élèves de 6 à 7 ans Et le maître	31,33	33
	Classe 02	SUD	Rdc	04	*Mur en parpaing d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	27 élèves de 9 à 10 ans Et le maître	31,33	31,1
Ecole Mihada	Classe 01	OUEST	Rdc	07	*Mur en brick d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	30 élèves de 6 à 7 ans Et le maître	32,5	33,4
	Classe 02	SUD	1er étage	07	*Mur en brick d'une épaisseur de 30cm, *Cadre des fenêtres en bois, *Simple vitrage.	32 élèves de 8 à 9 ans Et le maître	32,5	30,2

Tableau6-2 : Récapitulatif des caractéristiques technologiques des différents échantillons
(Source : Auteur)

I. Entretien auprès des élèves:

I. 1/Pourquoi cette étape ?

Pour délimiter la perception que les élèves ont de leur école, nous avons établi dans cette recherche une interview auprès de différents élèves de différentes écoles.

La première partie contient les objectifs spécifiques de cette étape, les caractéristiques du groupe interviewé et le protocole d'entrevue. Ensuite vient l'étape de la description des échantillons, de l'évolution des entrevues et du processus de codage. Et en finalité, on présentera les données relevées et leurs interprétations.

I. 2/ Objectif de cette étape:

L'élève est le principal usager de la salle de classe, son opinion est très importante vis-à-vis des objectifs de notre recherche, sa perception de l'espace a pour but de :

- Délimiter et comprendre l'avantage que portent les élèves à leur école.
- Appréhender les préférences et l'influence de l'éclairage sur les élèves.
- Savoir ce que l'éclairage signifie chez l'élève.

II. Développement du protocole d'entrevue:

Toute cette étape était basée sur l'observation du cadre physique des écoles, l'élaboration de questions générales ouvertes, visant à l'expression spontanée des expériences des élèves et des questions davantage dirigées sur les objectifs de notre étude.

Le protocole d'entrevue a été testé auprès d'un groupe de quelques élèves pour voir leurs réactions et leurs intérêts à l'égard du sujet et du type d'entretien. Ce test a permis de confirmer le souhait des élèves de parler librement de leur point de vue et faire quelques ajustements au niveau de la « langue » utilisée lors de l'ouverture et la clôture de l'entretien.

Pour obtenir les informations attendues, nous avons opté pour *un schéma d'entrevue* où les modèles de questions sont des questions ouvertes, ce qui laisse une liberté totale dans les réponses, tant dans le contenu que dans la durée.

Six élèves par classe ont été pris pour échantillon, les incitant à parler librement et de leur manière sur l'éclairage de leurs écoles.

Le protocole du schéma d'entrevu est composé de six questions, deux ouvertes et quatre fermées, et de cinq sous questions.

Les deux questions ouvertes ont été placées au début de l'entrevu et cela pour faciliter le contact avec l'élève et le mettre à son aise, tandis que les questions fermées ont été mises juste après et cela pour favoriser la discussion sur le thème de l'éclairage.

Question	Objectif
1/ Si vous me parlez de votre école	Une question ouverte et générale pour ouvrir l'entretien et mettre le répondant à l'aise.
2/ Quels sont les lieux où vous passez le plus de temps dans l'école ? 2-a/ Que faites-vous dans ces lieux ?	
3/ Maintenant nous allons procéder aux détails ; Que pensez-vous de l'éclairage qui règne dans votre classe ? 3-a/ De quelle manière votre classe est-elle éclairée ?	
4/ Où êtes-vous assis ? 4-a/ Cette classe vous convient-elle ? 4-b/ Pourquoi ?	
5/ Si j'éteins toutes les lumières, que ressentiriez-vous ?	
6/ A quelle place seriez-vous le plus à l'aise ? 6-a/ Dites-moi pourquoi ?	

III. Processus des techniques d'investigation

Avant de débiter l'entretien, des séances de prise de contacts avec les élèves ont été programmées avec l'aide et la coopération des professeurs, et cela pour voir la réaction des sujets interviewés. Les questions du protocole d'interview ont été posées, d'abord en langue arabe, car la majorité des sujets n'avait pas le niveau adéquat en langue française, ensuite, et vu les obstacles rencontrés pendant cette étape intermédiaire, les questions ont été reformulées pour qu'elles soient au niveau du langage des élèves. Notons aussi que lors de cette étape, nous avons précisé aux élèves que l'interview sera faite en langue française et que les réponses doivent être en français aussi.

Les rencontres se sont déroulées dans chacune des salles de classes pendant environ une demi-heure.

3/ Sélection des participants :

Pour la sélection des échantillons d'élèves qui ont répondu aux questions de l'entretien, nous avons simplement évoqué qu'il s'agissait d'une recherche ayant pour but de comprendre la vision qu'ils avaient vis-à-vis de leurs écoles en général, et de leurs salles de classes en particulier.

C'est ainsi que six élèves par classe, âgés entre huit et onze ans et qui fréquentaient l'école depuis différentes périodes, se sont volontairement présentés pour l'entrevu. Le tableau suivant résume le sexe, l'âge et le nombre d'années passées à l'école.

Ecole KHABEBA	Classe 01 : (Orientation EST)		1	2	3	4	5	6
		Sexe	H	H	F	F	F	H
		Age	08	08	08	09	08	09
		Nombre d'années passées à l'école	03	03	03	04	02	04
	Classe 02 :(Orientation OUEST)		1	2	3	4	5	6
		Sexe	F	H	F	H	H	H
		Age	11	10	10	10	10	10
		Nombre d'années passées à l'école	04	04	04	04	04	03
Ecole TCHEIR	Classe 01 : (Orientation SUD)		1	2	3	4	5	6
		Sexe	F	F	F	H	H	H
		Age	11	10	11	11	10	10
		Nombre d'années passées à l'école	06	05	06	05	05	04
	Classe 02 :(orientation SUD)		1	2	3	4	5	6
		Sexe	F	H	H	F	F	F
		Age	10	10	10	09	10	09
		Nombre d'années passées à l'école	05	05	05	04	02	03

			1	2	3	4	5	6
Ecole ZIAD	Classe 01 : (Orientation EST)	Sexe	H	H	H	H	H	F
		Age	08	08	08	08	08	08
		Nombre d'années passées à l'école	03	03	02	02	03	02
			1	2	3	4	5	6
	Classe02 : (Orientation OUEST)	Sexe	F	F	F	F	H	H
		Age	10	11	10	10	10	11
		Nombre d'années passées à l'école	04	04	04	04	04	06
			1	2	3	4	5	6
Ecole BOUGUESSA	Classe 01 : (Orientation EST)	Sexe	H	F	H	H	F	F
		Age	07	08	08	07	07	07
		Nombre d'années passées à l'école	02	03	03	02	02	03
			1	2	3	4	5	6
	Classe02: (Orientation OUEST)	Sexe	H	H	H	F	F	H
		Age	09	09	09	10	09	09
		Nombre d'années passées à l'école	04	04	04	04	04	04
			1	2	3	4	5	6
Ecole CHAIKH ABDDOU	Classe 01 : (Orientation OUEST)	Sexe	H	H	H	F	F	F
		Age	11	10	11	11	10	10
		Nombre d'années passées à l'école	06	05	05	05	05	04
			1	2	3	4	5	6
	Classe02 : (Orientation SUD)	Sexe	F	F	H	H	H	H
		Age	11	11	11	11	10	10
		Nombre	04	06	05	06	04	05
			1	2	3	4	5	6

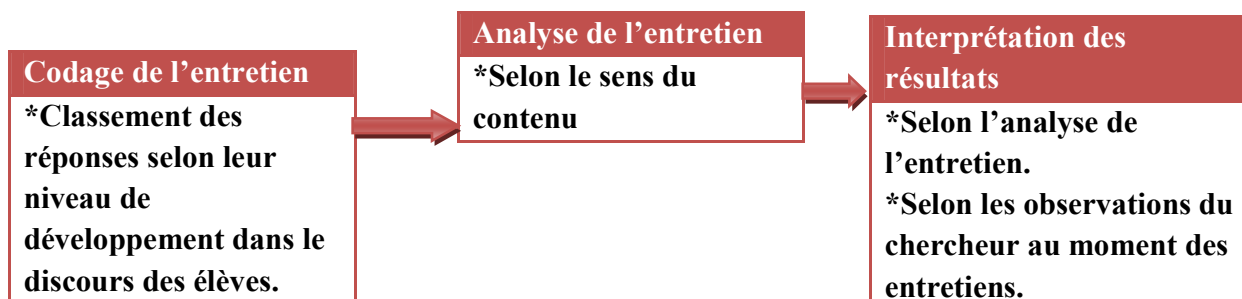
		d'années passées à l'école						
Ecole MIHADA EL AID	Classe 01 : (Orientation OUEST)		1	2	3	4	5	6
		Sexe	H	H	H	F	F	F
		Age	11	10	11	11	10	10
		Nombre d'années passées à l'école	06	05	05	05	05	04
	Classe 02 :(Orientation SUD)		1	2	3	4	5	6
		Sexe	F	F	H	H	H	H
		Age	11	11	11	11	10	10
		Nombre d'années passées a l'école	04	06	05	06	04	05

IV. Codage des réponses :

Tous les entretiens ont été transcrits pour fins d'analyse. les transcriptions ont été découpées en deux unités de sens, elles doivent avoir une seule idée, soit positive ou bien négative.

Analyse du contenu des entretiens :

Une fois que le contenu des entretiens est codé, son analyse se fait selon la fréquence et l'évaluation (positive ou négative) des unités de sens, il faut noter que l'ensemble de l'analyse porte sur le discours de chaque élève et non sur le discours de l'ensemble des groupes. Les éléments identifiés dans la présente analyse seront interprétés à la lumière des observations faites par le chercheur au moment des entretiens.



L'analyse du contenu se centre sur l'occurrence des unités de sens dans l'ensemble du discours et sur leur évaluation positive ou négative. Les résultats de cette analyse sont présents selon les niveaux hiérarchiques du discours : le milieu social, le milieu éducatif et le milieu bâti.

Les tableaux suivant montrent le nombre de mention de chaque unité de sens appartenant au niveau hiérarchique avant et après l'introduction de l'éclairage dans le protocole d'entrevue.

Ecole Khabeba	Cadre social		Cadre physique	Total
	Milieu social	Milieu éducatif	Milieu bâti	
Avant mention de l'éclairage	11	12	15	38
Après mention de l'éclairage	14	14	30	58
Total	25	26	45	96

Tableau 7-1 : codage des réponses de l'école Khabeba

Source : auteur

Ecole Ziad	Cadre social		Cadre physique	Total
	Milieu social	Milieu éducatif	Milieu bâti	
Avant mention de l'éclairage	10	10	26	36
Après mention de l'éclairage	17	18	25	60
Total	27	28	51	96

Tableau 7-2 : codage des réponses de l'école Ziad

Source : auteur

Ecole Tcheir	Cadre social		Cadre physique	Total
	Milieu social	Milieu éducatif	Milieu bâti	
Avant mention de l'éclairage	09	12	24	45
Après mention de l'éclairage	15	15	21	51
Total	24	27	45	96

Tableau 7-3 : codage des réponses de l'école Tcheir

Source : auteur

Ecole Mihada	Cadre social		Cadre physique	Total
	Milieu social	Milieu éducatif	Milieu bâti	
Avant mention de l'éclairage	12	08	22	42
Après mention de l'éclairage	06	20	28	54
Total	18	28	50	96

Tableau 7-6 : codage des réponses de l'écoles Mihada

Source : auteur

Ecole Cheikh abdou	Cadre social		Cadre physique	Total
	Milieu social	Milieu éducatif	Milieu bâti	
Avant mention de l'éclairage	04	13	26	43
Après mention de l'éclairage	13	14	32	53
Total	17	27	58	96

Tableau 7-5 : codage des réponses de l'écoles Cheikh abdou

Source : auteur

Ecole Bouguessa	Cadre social		Cadre physique	Total
	Milieu social	Milieu éducatif	Milieu bâti	
Avant mention de l'éclairage	09	10	12	31
Après mention de l'éclairage	10	30	25	65
Total	19	40	37	96

Tableau 7-4 : codage des réponses de l'écoles Bouguessa

Source : auteur

V. Interprétation des résultats :

L'interprétation de l'ensemble de l'entretien s'appuie sur l'analyse préliminaire de l'objet d'étude et des propos tenus par les élèves pendant le déroulement des entretiens.

Pour l'école Khabeba, on a noté qu'une satisfaction considérable envers le cadre bâti des salles de classes contre presque la moitié du total de propos codés soient des observations négatives envers lui, selon eux, le milieu éducatif et social est très agréable ce qui comble le manque d'éclairage et le rend beaucoup moins apparent à leurs yeux.

Pour l'école Ziade aussi, les élèves montrent une satisfaction étonnante envers le code conceptuel de leur école, et cela malgré les observations négatives relevées en milieu du bâti.

Idem pour l'école Tcheir .Après le codage, l'ensemble des élèves trouvent satisfaction en matière d'éclairage surtout près des ouvertures, tandis que les taux relevés démontrent que l'éclairage naturel est très défaillant au centre et au fond des salles de classe.

Les élèves de l'école Mihada trouvent que le milieu social et éducatif, avant la mention de l'éclairage, est moins bon qu'après la mention de la notion d'éclairage. Cela s'explique par la satisfaction du bâti grâce aux larges fenêtres existantes au sein des salles de classes.

Les deux dernières écoles, à savoir l'école Chaikh Abdou et l'école Bouguessa, leurs élèves trouvent que le bâti est très avantageux par rapport aux autres écoles, et cela malgré les observations négatives relevées lors du codage des réponses.

Conclusion :

Pour conclure, on a retenu de ce chapitre que les élèves trouvent l'éclairage de leurs écoles satisfaisant. Ils le décrivent comme étant correct et adapté à leurs besoins. Par exemple, il y'a des élèves de l'école Ziad et Mihada qui trouvent que l'éclairage est appropriés et cela malgré la surface minime des fenêtres. Quand ils parlent de certains aspects négatifs de la lumière naturelle, c'est souvent d'une manière hypothétique. D'ailleurs, on observe une certaine divergence entre leurs avis sur l'éclairage et la description de leurs expériences. Tant bien qu'ils reconnaissent l'importance de l'éclairage pour les individus, ils ignorent son importance au quotidien. Après de longues expositions aux conditions lumineuses de l'école, il est possible que les élèves soient en quelque sorte habitués à ce genre d'éclairage ce qui devient selon eux « normal ».

Introduction :

L'analyse des écoles vise à inventorier les principaux paramètres du confort, surtout le confort lumineux, présent dans le milieu des élèves.

Ce chapitre comportera deux étapes cruciales qui ont pour but d'affirmer ou d'infirmer les hypothèses citées dans le premier chapitre.

Une analyse objective qui compte une campagne de prise de mesures dans six écoles, à raison de deux classes par école avec une différente orientation, et dans divers points : douze par classe, pendant trois moments de la journée : huit heures, midi et dix sept heures, durant trois périodes annuelles : Janvier, Avril et Juillet.

À l'échelle du site, les écoles choisies pour l'analyse ont été sélectionnées selon plusieurs critères : l'orientation, la période de construction, la forme, les matériaux...etc.

À l'échelle des pièces, les espaces intérieurs qui seront analysés sont les salles de classes, où les élèves passent la plus part de leurs temps.

Une deuxième analyse subjective à travers la collecte des opinions des usagers (des élèves entre huit et onze ans) et cela à l'aide d'un questionnaire plus ou moins fermé, c'est un entretien qui a pour but de relever la perception que les usagers ont de leur environnement.

I. Choix des points de mesure et paramètres mesurés :

Il s'agit de mesurer simultanément les paramètres ayant une incidence sur le confort lumineux des écoles notamment des salles de classes dans plusieurs endroits. D'ailleurs, le confort lumineux ne peut être estimé à partir du seul paramètre qu'est la température de l'air, mais fait intervenir plusieurs facteurs tels que l'humidité et le niveau sonore.

Comme le montre la figure ci-dessous, les mesures des différents paramètres ont été prises en douze points, à la même hauteur. Trois au niveau de l'enseignant, trois sur les tables de la premier ranger, trois autres au milieu de la classes toujours sur les tables et les trois derniers sur au niveau de la dernière ranger.

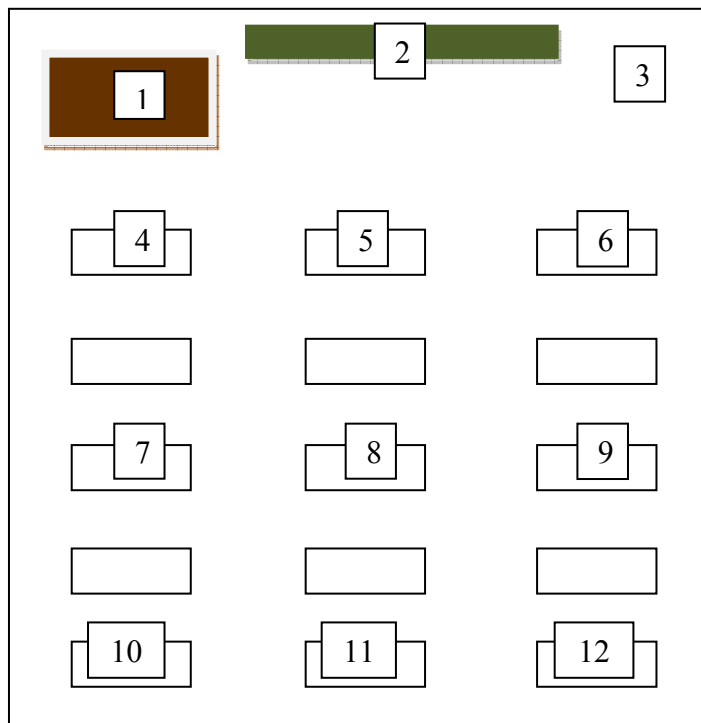


Figure 8-1 : schéma de l'emplacement des différents points des prises de mesures, source : auteur

Comme déjà mentionné dans l'introduction précédant, le travail de terrain consiste en une campagne de mesures en différentes périodes des mois de janvier, avril et juillet. Les relevés des taux d'éclairement, traités sous forme de graphes (à l'aide du logiciel informatique «Excel »). Ces données analysées et interprétées dans le but d'exposer les résultats pour l'évaluation du comportement des différents échantillons choisis et de comparer l'ambiance lumineuse de chacun d'eux.

Mesures janvier :

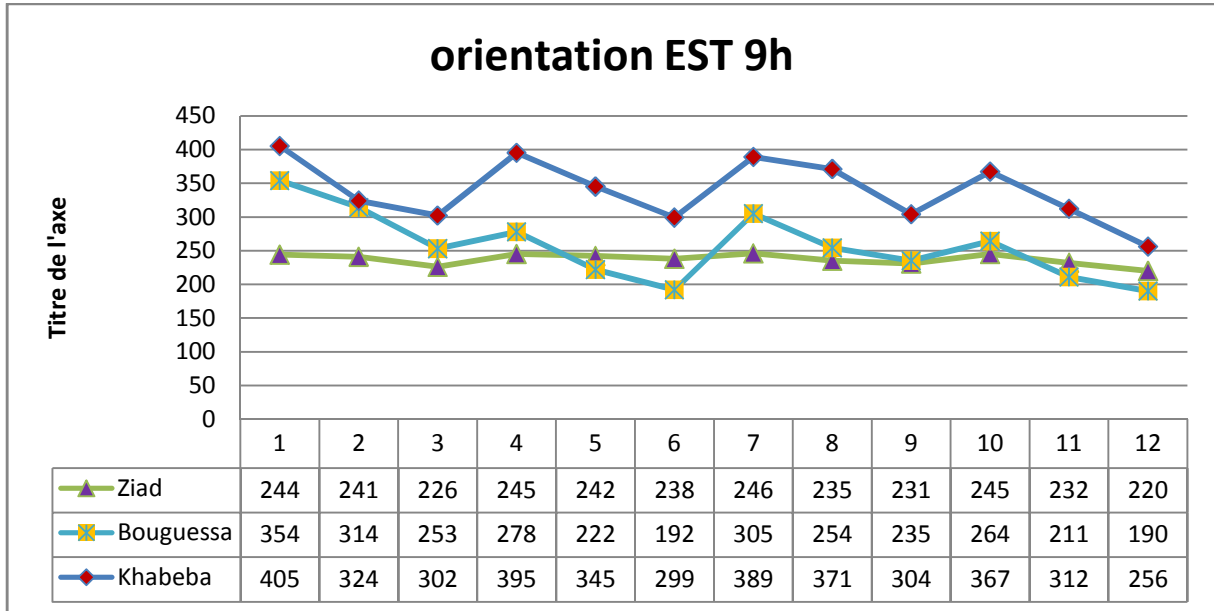
Orientation EST

Khabeba C1-Ziad C1-

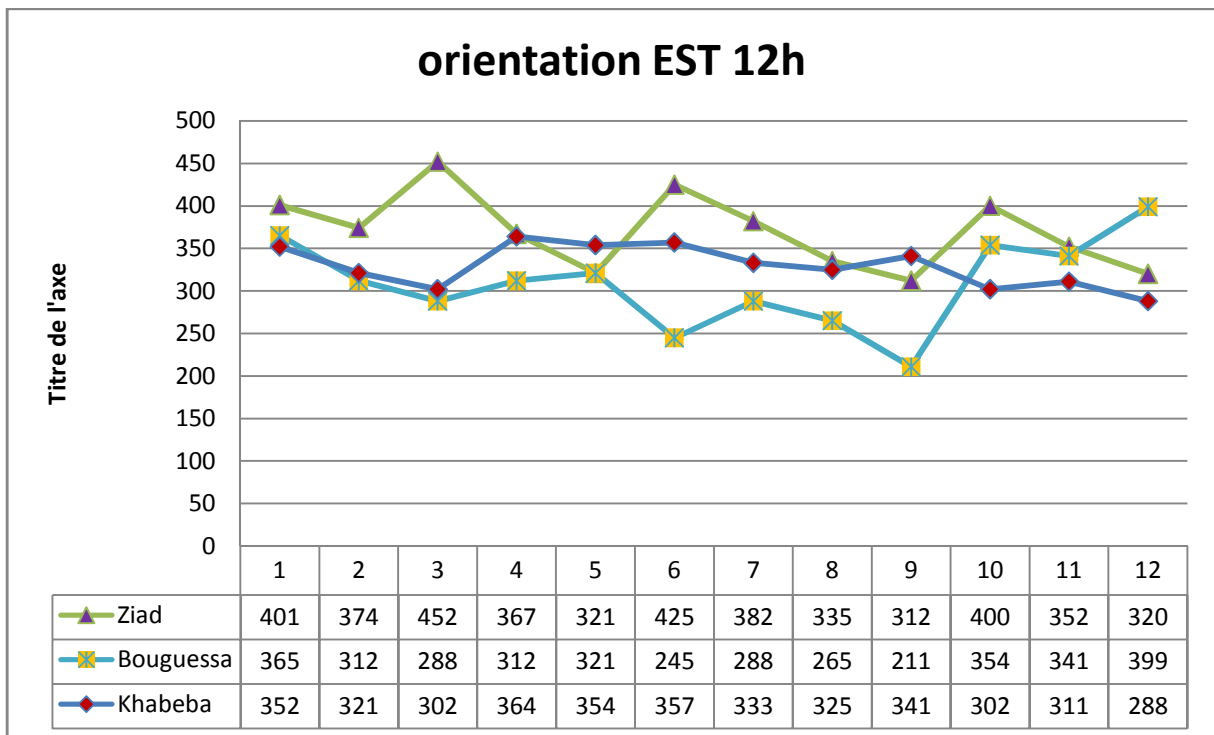
Bougoussa C1

1/Résultats et interprétation :

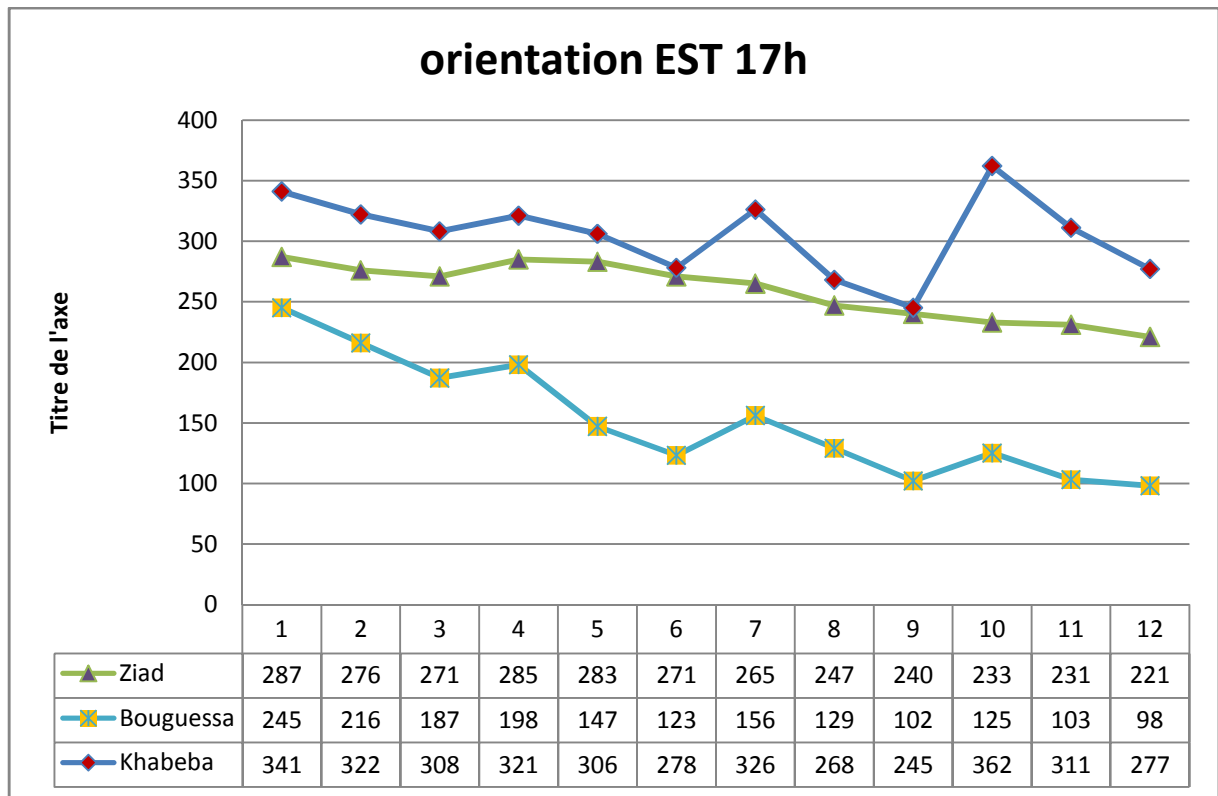
Pour cette première comparaison, on a pris trois écoles dont les salles de classes ont la même orientation Est, les prises de mesures ont été faites a trois moment de la journée : a 9h, a 12h et a 17h. Les résultats sont résumés dans les graphes ci-dessous.



Graphe 8-1 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 9h, source : auteur



Graphe 8-2 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 12h, source : auteur



Graph 8-3 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 17h, source : auteur

En observant les différents graphes, on remarque une véritable discordance entre les trois courbes. En se basant sur cette observation on peut dire que l'orientation n'est pas le seul facteur influant sur le taux de lumière entrant dans une salle de classe, sans oublier la précision des appareils utilisés qui peuvent fausser quelques prises de mesures.

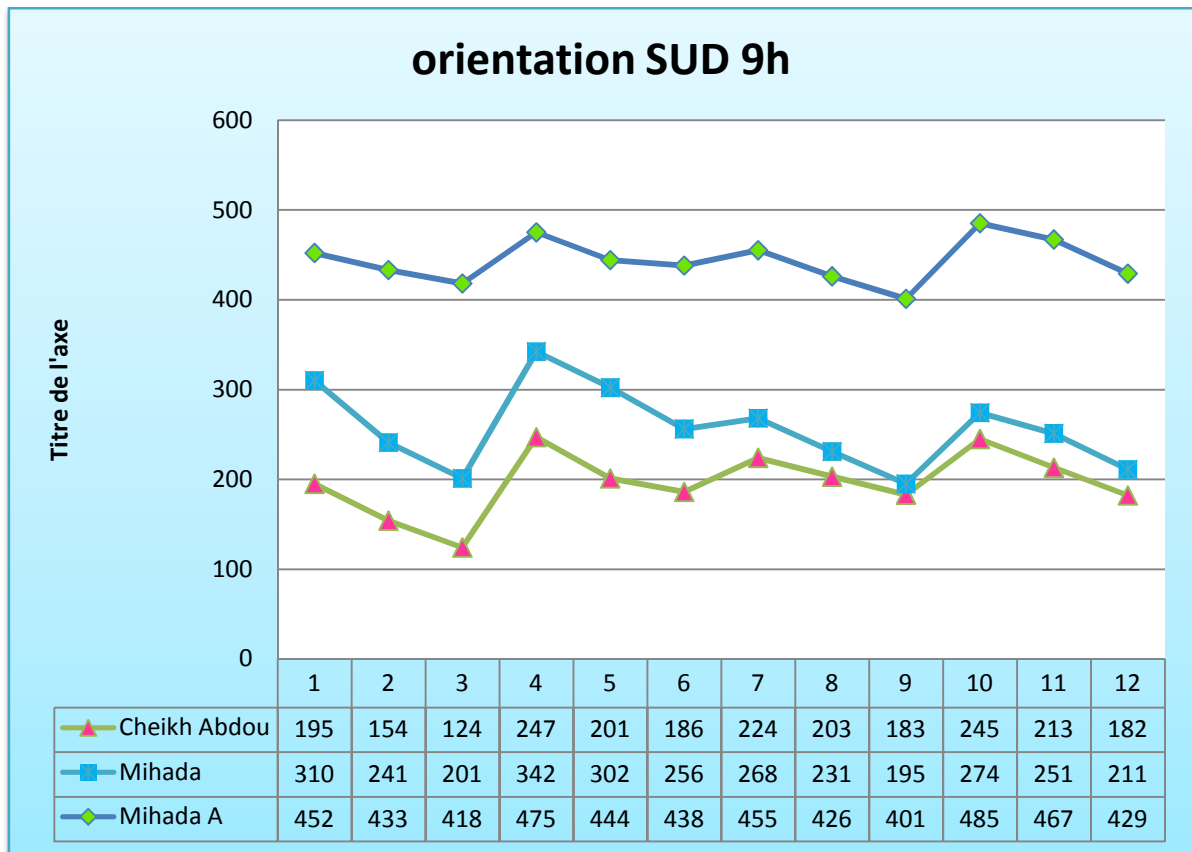
Mesures janvier :

Orientation SUD

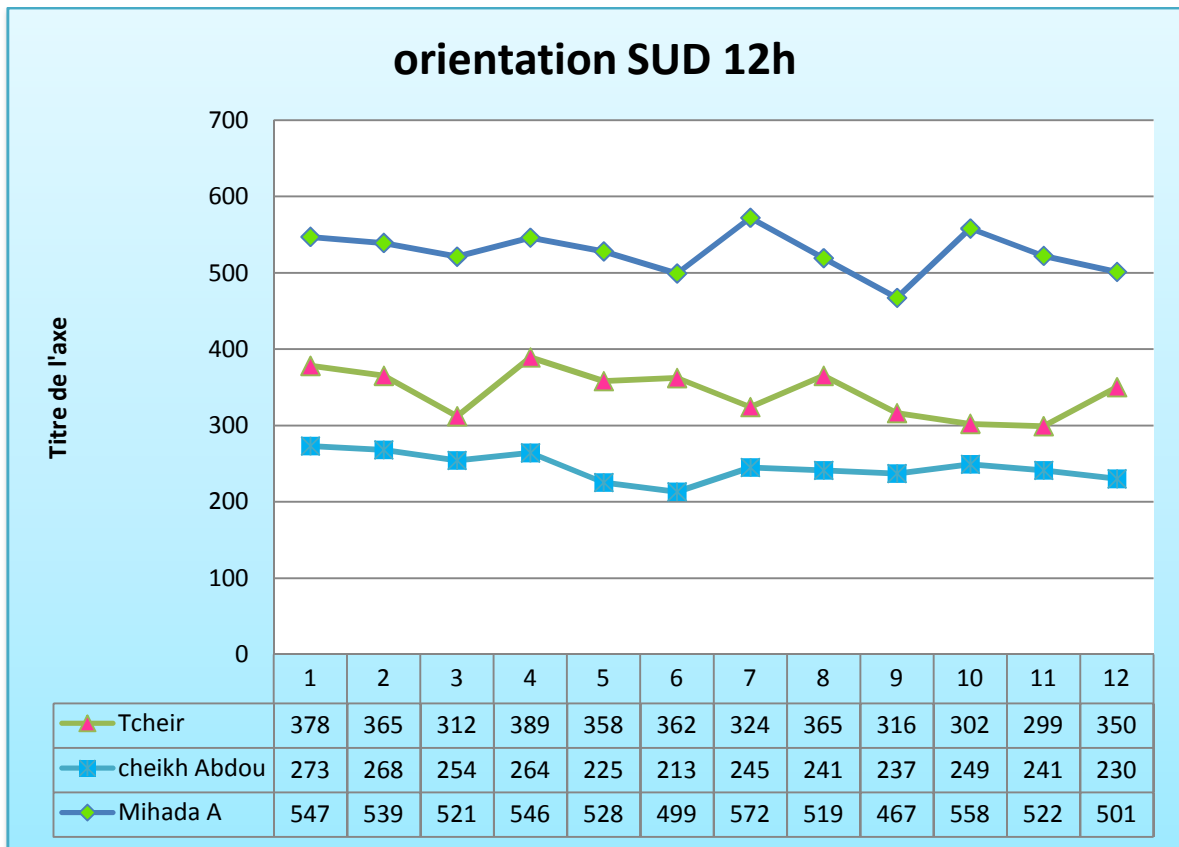
Tcheir C1-Cheikh
abdou C2-Mihada C2

Résultats de la comparaison :

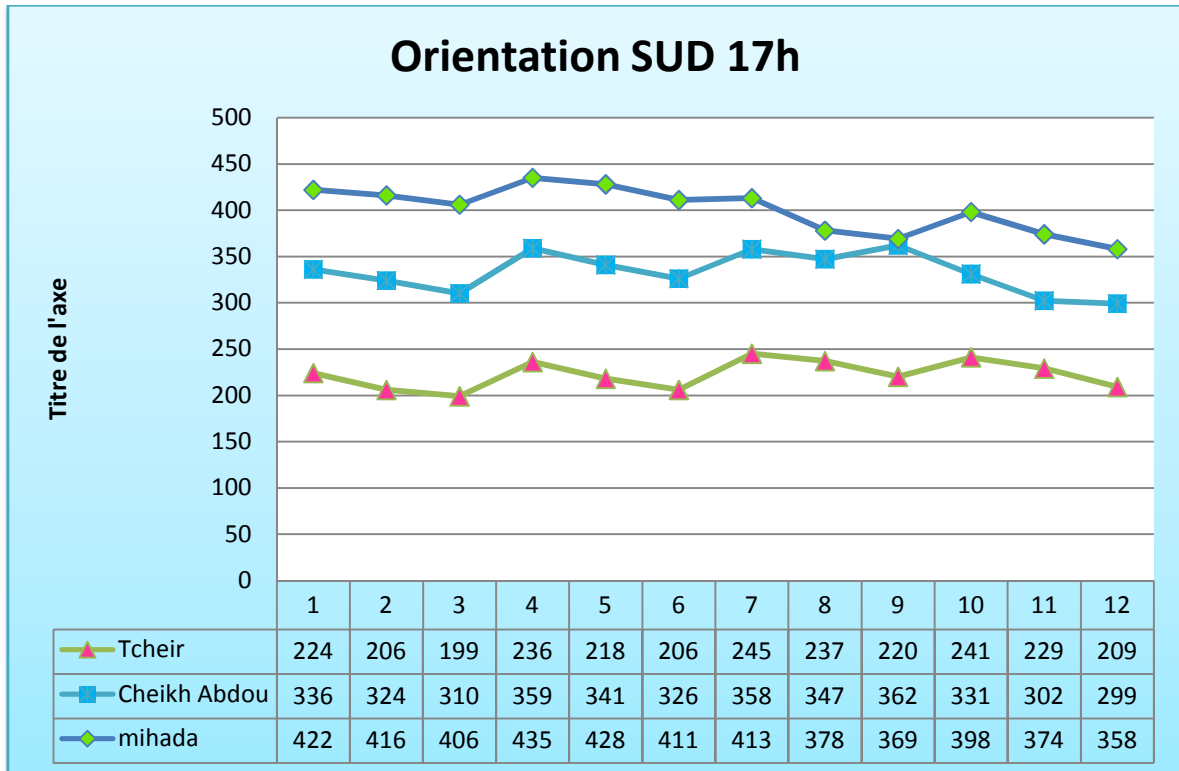
De même pour le deuxième cas de comparaison, on a aussi pris trois écoles (Tcheir, Cheikh Abdou et Mihada) dont les salles de classes ont la même orientation Sud, les prises de mesures ont été faites à trois moments de la journée : à 9h, à 12h et à 17h. Les résultats sont visibles dans les graphes ci-dessous.



Graph 8-4 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier à 9h, orientation Sud, source : auteur



Graphe 8-5 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 12h, orientation Sud source : auteur



Graphe 8-6 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de janvier a 17h, orientation Sud source : auteur

La comparaison des trois graphes des figures 8-4, 8-5, 8-6 révèlent également une différence du taux d'éclairement entre les trois salles de classes, marquant un écart entre 100lux et 200 lux. En conséquent, l'orientation sud procure beaucoup plus de lumière que la précédant orientation, mais toujours est t il que ce paramètre ne suffit pas a améliorer le taux d'éclairement dans les salles de classes.

Mesures Avril :

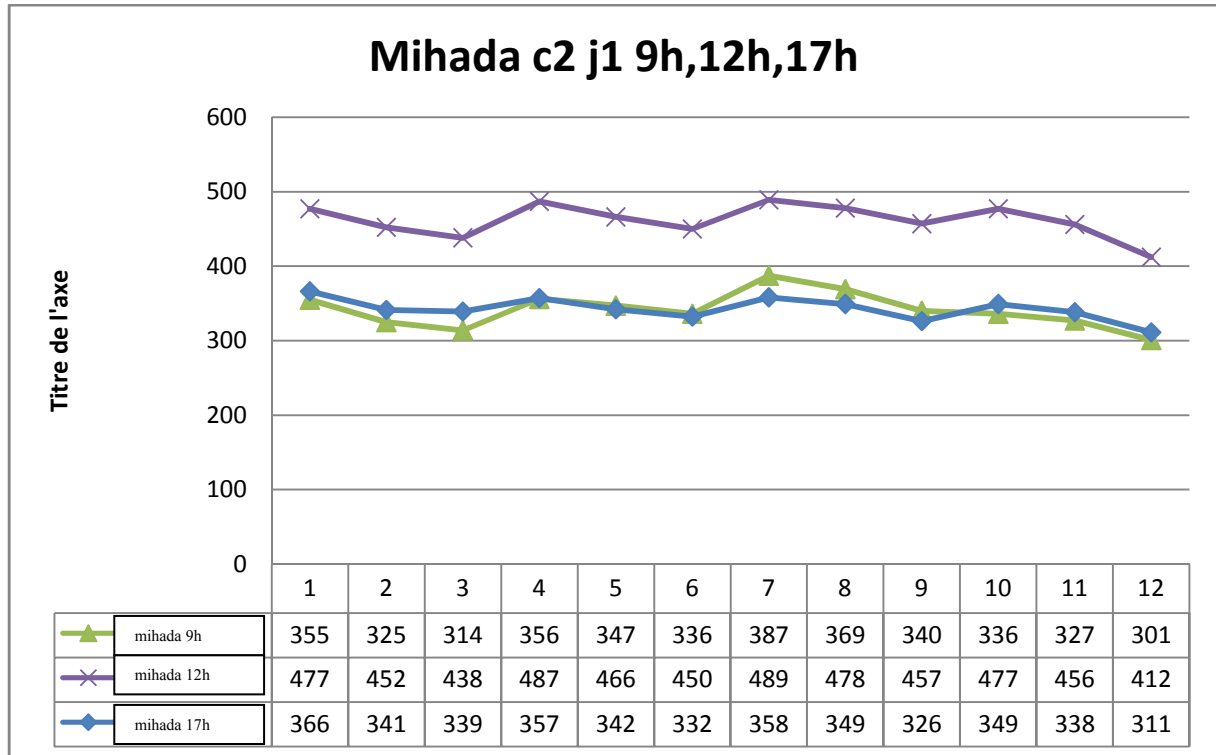
Orientation

Cheikh abdou C1 a

9h,12h et 17h

Résultats de la comparaison :

Cette fois ci, le paramètre pris pour la comparaison et la différence des matériaux de constituant les murs extérieurs, on aussi pris trois écoles (Tcheir, Cheikh abdou,Ziad et Mihada), les prises de mesures ont été faites a trois moment de la journée : a 9h, a 12h et a 17h. Les résultats sont représentés dans les graphes ci-dessous.



Graphe 8-7 : comparaison des valeurs des trois moments differents de la journee de l'école Mihada le mois d'avril a 9h, source : auteur

La comparaison des trois courbes du graphe de la figure 8-7, révèlent également une différence du taux d'éclairément entre les trois periodes de la journee dans la meme salle de classe, marquant un écart cette fois ci, de 50 luxentre 9h et 12h, et un equart beaucoup plus grand entre 12h et 17h qui est entre 100lux et 200 lux. En conséquent, l'orientation et la trajectoire du soleil peut aussi influencer sur le taux d'éclairément d'une salle de classe.

Mesures juillet :

Orientation OUEST

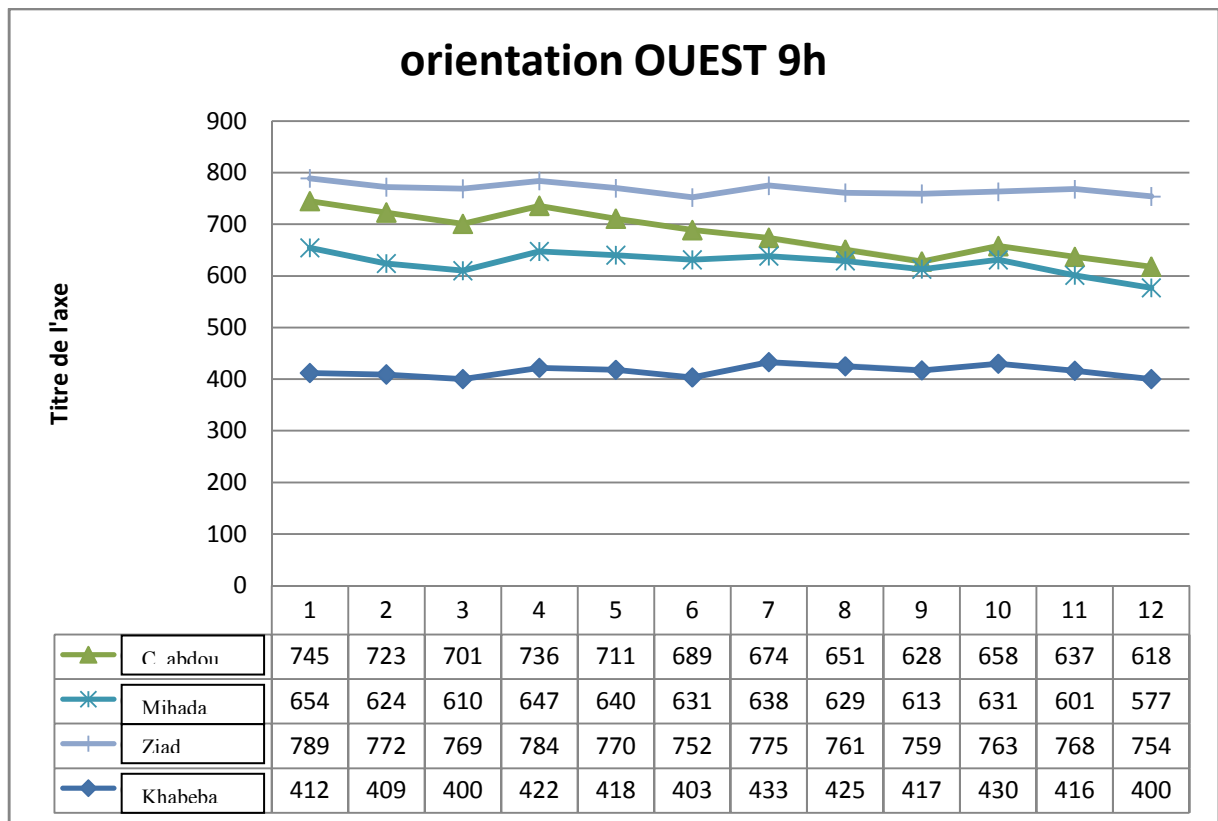
Khabeba C2-Cheikh

abdou C1-Mihada

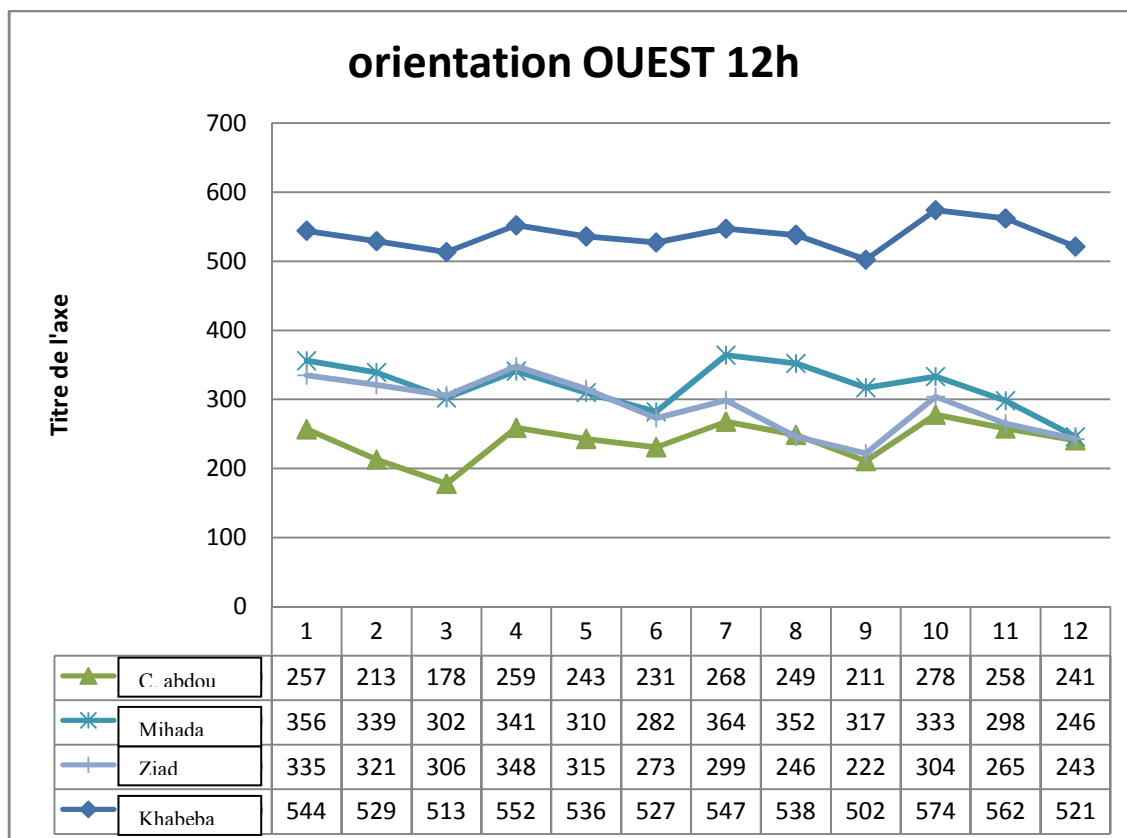
C1-ZiadC2

Résultats de la comparaison :

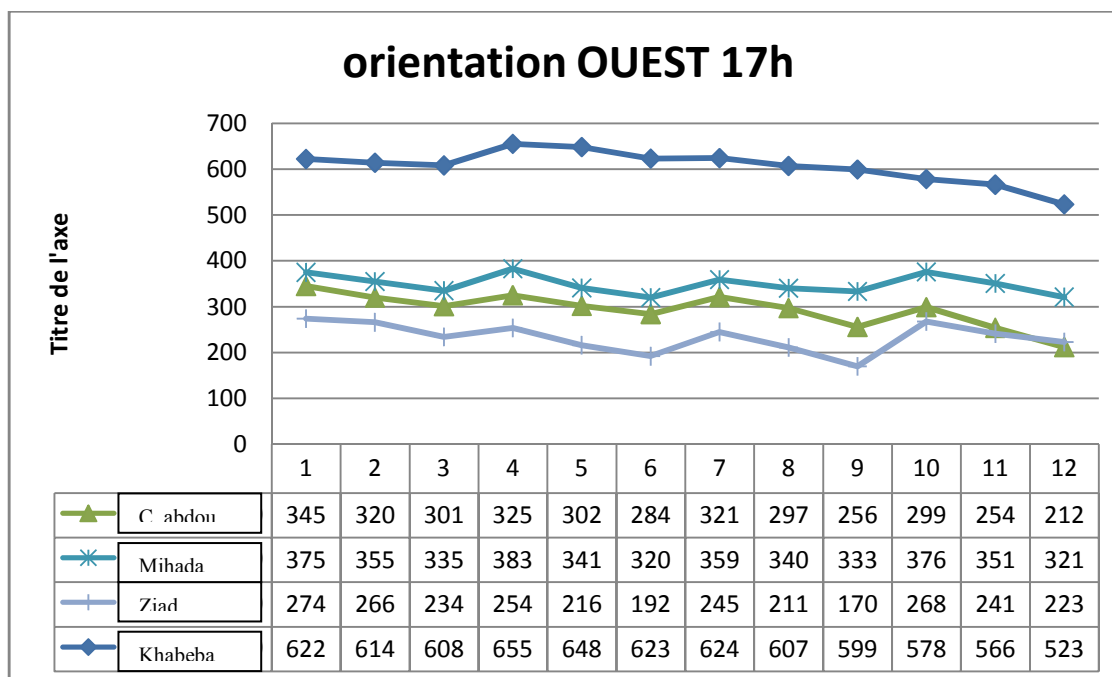
Dans ce cas de comparaison, les trois écoles prises sont : Khabeba, Ziad, Cheikh abdou et Mihada, dont les salles de classes ont la même orientation Ouest, les prises de mesures ont été faites a trois moment de la journée : a 9h, a 12h et a 17h. Les résultats sont représentés dans les graphes ci-dessous.



Graphe 8-10 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest, source : auteur



Graph 8-11 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest, source : auteur



Graph 8-12 : comparaison des valeurs des trois écoles le mois de juillet a 9h, orientation Ouest, source : auteur

La comparaison des trois graphes des figures 8-10, 8-11, 8-12 révèlent également une différence du taux d'éclairement entre les trois salles de classes, marquant un écart pouvant atteindre les 300 lux dans des points similaires. Cela veut dire que l'orientation Ouest, Sud ou Est ne peuvent pas, à elles seules, déterminer le taux d'éclairement adéquat pour les salles de classes.

Conclusion :

La présente recherche consiste donc en une investigation in situ des phénomènes physiques du confort lumineux. Ses objectifs sont, d'une part, l'évaluation du confort lumineux dans les écoles primaires de la ville de Sétif, et d'autre part, la détermination des différents paramètres influant sur le taux d'éclairage nécessaire pour une bonne ambiance lumineuse de confort. Et pour ce faire, afin d'atteindre cet objectif, une investigation in situ sur six cas réels d'écoles, situées à Sétif a été entamée.

Les observations issues de cette deuxième analyse concernant l'effet de l'éclairage naturel sur les élèves dans les salles de classes des écoles primaires à Sétif soulignent :

- le rôle important que joue les fenêtres dans le taux d'éclairage relevés au sein des salles de classes.
- La divergence du taux d'éclairage selon différentes orientations.
- Grâce à l'orientation Sud le taux d'éclairage est proche au celui recommander par les normes internationale durant différent moment de la journée.
- L'effet des obstacles extérieurs diminue le taux de lumière qui pénètre a travers les fenetres.

Les résultats démontrés dans l'investigation nous confirment la complémentarité des différents paramètres prises en considérations (orientation, type et dimension des ouvertures) dans la détermination d'un éclairage adéquat dans une salle de classe.

Remarque : Le reste des tableaux et des graphes de comparaison sont joint sous forme d'annexe.

Introduction :

La conception d'un bâtiment durable se doit de prendre en compte les effets du soleil et des ombres portées.¹

La simulation permet une réelle optimisation des coûts d'investissement et de fonctionnement des bâtiments et de leur système, notamment par une meilleure prise en compte des besoins énergétiques et des contraintes climatiques. Son but est d'optimiser la conception architecturale afin de réduire les besoins énergétiques de l'enveloppe ainsi que la taille des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation. Elle permet également d'améliorer le confort, la qualité d'usage du bâtiment et le coût global sur toute sa durée de vie.

Contrairement aux méthodes traditionnelles de calcul statique, elle prend en compte l'ensemble des paramètres de la vie thermique du bâtiment. Elle opère en régime variable, respecte l'interaction des zones entre elle, prend en compte l'inertie de chacun des matériaux qui composent l'enveloppe et intègre la topographie exacte du site.

La simulation permet de tester des concepts innovants et de vérifier la pertinence des choix architecturaux en répondant à la question : "que se passerait-il si... ?"

Elle vise à :

- > optimiser l'enveloppe et la taille des systèmes,
- > optimiser l'usage de l'éclairage naturel,
- > maîtriser les consommations d'énergie et leur tarifications,
- > rechercher le meilleur compromis entre le confort, les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation,
- > évaluer la puissance véritablement nécessaire,
- > comprendre le quand et le pourquoi des pics de charge dans chaque zone du bâtiment,
- > comparer différents scénarii d'usage et de fonctionnement du bâtiment.

De plus, la simulation permet de "traquer" les sources d'inconfort liées aussi bien à l'architecture du bâtiment qu'à son usage.

Simulation d'éclairage :

La simulation d'éclairage permet une étude plus approfondie de la cible 10 (confort visuel) de la démarche HQE®.

¹ Alvaro Siza, architecte, extrait du DVD Architectures, vol. 1. Collection Architecture - Éd. Arte Vidéo – 2001

L'utilisation de l'éclairage naturel est un enjeu important dans la conception de bâtiments respectueux de l'environnement.

I. Les outils de simulations :

I. 1/Les outils numériques de simulation de la lumière naturelle :

On entend par outils numériques de simulations des outils informatiques permettant soit la simulation de la progression de la lumière sous son aspect quantitatifs ou qualitatifs, constituant ainsi des outils d'aide aux décisions pour certains, ou bien la présentation interactive de certaines informations, constituant une base de données que les utilisateurs peuvent utiliser comme un outil d'aide à la conception. Cette différence permet de classifier ces outils en quatre catégories : les outils d'aide à la décision, les outils d'aide à la conception, les outils didactiques, et enfin les outils de simulation inverse.

a/outils d'aide à la décision :

La majorité de ces outils utilise des algorithmes de calculs physiques (en particulier lancer de rayons et radiance) avec un niveau de précision variable. Ils sont de deux types, soit dans un cadre scientifique (ex Radiance), utilisé comme moteur de calcul et offrant un niveau de précisions très élevé ou bien dans un cadre commercial offrant des fonctionnalités plus complète (ex Ecotect).

***Adeline :**

Ces outils sont souvent utilisés par les concepteurs pendant les dernières phases de conceptions pour des opérations de vérifications ou de validations de configurations pré établies.

Développé dans le cadre de l'IEA, Adeline a été fondé sur les logiciels Superlite et Radiance par le biais d'un modèleur graphique et d'outils de DAO. Ainsi il permet de définir la géométrie avec son propre système de DAO, par l'entrée manuelle des coordonnées cartésiennes ou à partir d'un modèle 3D prédéfini au format DXF.²

Dans un but d'adaptation aux premières phases de conception, cet outil permet aussi d'effectuer des simulations sur des modèles simplifiés de différents types.

² Maamari, 2004

Au-delà des éclairages et des luminances, Adeline permet de calculer l'énergie consommée par l'éclairage artificiel en fonction des apports de lumière du jour.

Ces deux fonctions peuvent être intégrées dans notre proposition dans la mesure où l'utilisateur choisira une solution à partir d'un ensemble de références qu'il pourra évaluer en utilisant une fonction de comparaison comme celle intégrée dans cet outil.

***Radiance :**

Un outil développé dans un cadre de recherche pour des opérations de simulations directes de lumière naturelle et artificielle utilisant la technique du lancer inverse de rayon permettant aussi la simulation de réflexions spéculaires, semi-spéculaires ou diffuses.³

Cet outil peut être aussi rattaché à d'autres logiciels de simulation comme Ecotect profitant ainsi de ce type d'interface pour un paramétrage plus adapté à des utilisateurs non expérimentés, comme les architectes, pour l'importation de modèle géométrique, la définition des matériaux ainsi que tous les paramètres liés à la position du soleil, type de ciel. Figure 9-1

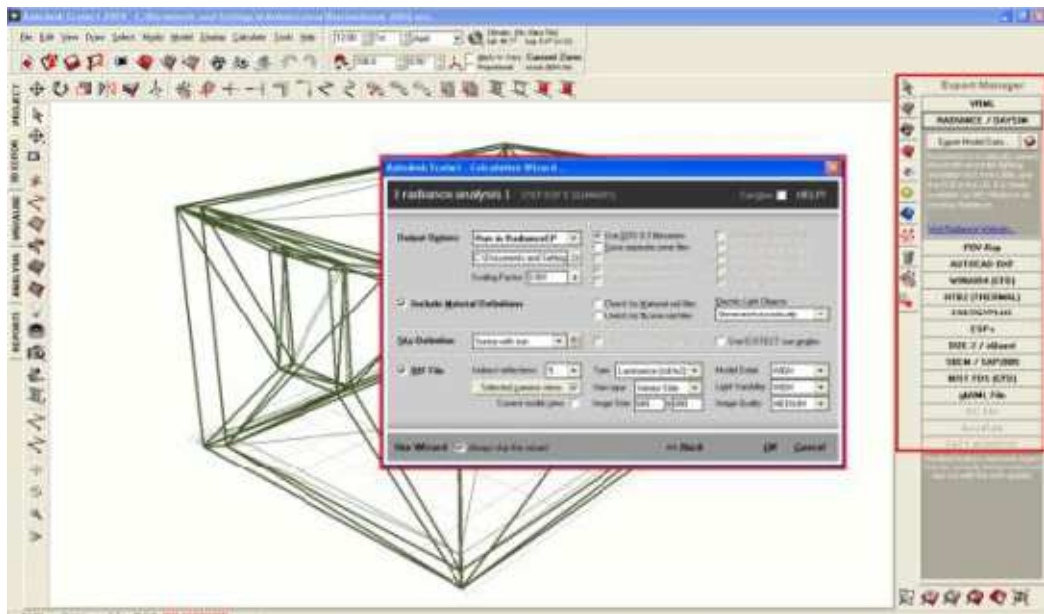


Figure 9-1 : Module d'importation entre Radiance et Ecotect

³ Maamari, 2004

***Ecotect :**

Logiciel de simulation complet qui associe un modèleur 3D à des analyses solaires, thermiques et acoustiques.

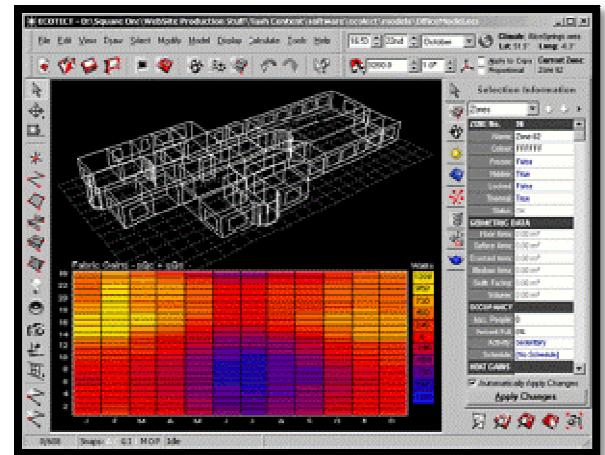
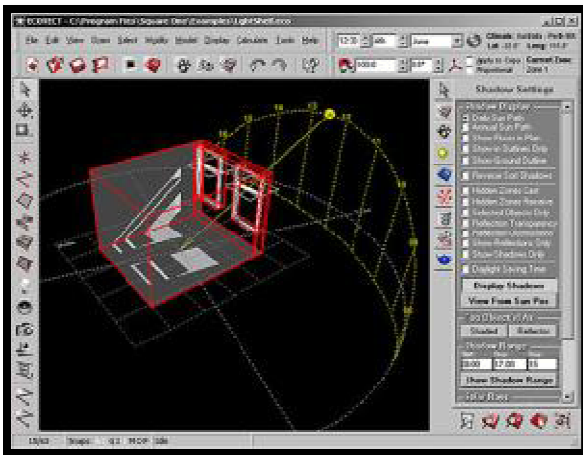


Figure 9-2 : Résultats de la simulation sous ecotect

Ecotect a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design. Ses sorties étendues rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, EnergyPlus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés.

Or cette volonté d'adaptation aux premières phases de conception est loin d'être définie puisque l'utilisateur est toujours obligé de présenter un modèle 3d avec un certain niveau de détail pour pouvoir le tester. Un avantage majeur de ce logiciel est que ses résultats sont toujours sous formes visuelles (images 3d en fausses couleurs) ce qui correspond aux attentes de certains utilisateurs comme les architectes, sans oublier la facilité de paramétrage des scènes et la richesse de sa bibliothèque de matériaux. Figure 9-2.

b/ Les outils d'aide à la Conception :

A la différence des outils d'aide à la décision qui interviennent en phase finale de conception, les outils d'aide à la conception interviennent plus en amont avec un niveau de détail et de précision adapté à cette étape du processus.

***LUMCalcul:**

LUMcalcul est un logiciel pour assister les architectes dans la conception d'espaces éclairés naturellement dès les premières étapes du design. Il permet d'introduire une discussion sur la relation existant entre certaines variables de design qui affectent la lumière et l'espace architectural. Ce système utilise des règles de calcul simplifiées donnant des résultats approximatifs adaptés aux étapes initiales de conception. Il est développé sous forme de feuille de calcul Excel facilitant ainsi son utilisation.

The screenshot displays the LUMCalcul software interface, divided into two main sections: 'Condition ACTUELLE' (Current Condition) and 'Condition SOUHAITEE' (Desired Condition).

Condition ACTUELLE:

- Facteur Lumière du Jour moyen (FLJ): 7.66% (indicated by a large white arrow pointing left).
- Attention: les gains thermiques pourraient être élevés.
- L'éclairage de cet espace serait qualifié de brillant. La contribution à l'éclairage naturelle serait très bonne. En principe, un éclairage électrique ne serait pas nécessaire.
- Pourcentage d'ouvertures (toutes surfaces): 7.91%
- Pourcentage d'ouvertures en façades: 5.73%

Condition SOUHAITEE:

- Calcul de la surface vitrée nécessaire pour obtenir un Facteur Lumière du Jour (FLJ) désiré.
- Valeur du FLJ désiré: 5% (highlighted in yellow).
- Aire d'ouvertures (vitrage) requise pour obtenir le FLJ désiré: 39.48 m².
- Pourcentage d'ouvertures (toutes surfaces): 4.30%

Figure 9-3 : interface de LUMcalcul

***Daylight 1-2-3 :**

Le logiciel Daylight 1-2-3 est un outil d'analyse conceptuelle d'usage général où l'utilisateur doit choisir une typologie d'espace, d'ouverture, donnant ainsi un modèle géométrique type qu'il va personnaliser pour l'adapter à son idée de l'espace en précisant certains aspects. Il est relié à un

serveur qui permet de calculer des résultats à distance en utilisant le moteur de calcul Lightswitch.⁴

L'interface ainsi que la typologie de paramètres utilisés sont adaptées à des utilisateurs non-spécialistes en matière de simulation, utilisant cet outil pendant les premières phases de conception. Figure 9-3.

***Leso-Dial :**

Développé par le laboratoire d'énergie solaire et physique du bâtiment de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne dans le cadre d'un travail de thèse.

Le but du logiciel est de donner aux architectes des informations utiles concernant l'utilisation de la lumière du jour dans un bâtiment dès la phase de l'avant-projet. Il permet d'avoir une estimation quantitative du facteur de lumière du jour ainsi qu'un diagnostic qualitatif suivant une analyse experte qui se base sur les règles de la logique floue avec un ensemble d'indications à suivre permettant d'améliorer la qualité de l'espace conçu en effectuant des modifications directement sur le modèle.⁵

Figure 9-4.

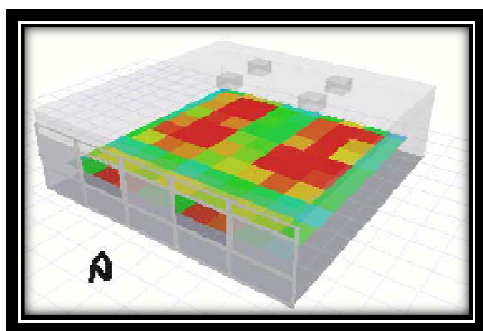


Figure 9-4 : Diagnostic et recommandations de correction

La logique floue permet de décrire un aspect sans être appelé à connaître sa valeur exacte. De ce fait l'utilisateur n'introduit pas de dimensions exactes ou de facteurs de réflexions mais

⁴ Reinhart, Bourgeois, Dubrous, Laouadi, Lopez, Stelescu, 2004

⁵ Paule, Scartezzini, 1997

plutôt des appréciations du type "grand" , "petit", "clair" ou "sombre", à travers les quelles le système peut décider de la valeur qu'il va attribuer pour effectuer les calculs. ⁶Figure 9-5.



Figure 9-5 : Caractérisation de l'espace suivant la méthode floue.

c. Les outils didactiques

Plusieurs laboratoires et organismes de recherches ont essayé de sensibiliser les jeunes créateurs ou en cours de formation à la maîtrise de la lumière naturelle, principalement en phase de recherche d'idées et d'acquérir certaines connaissances théoriques. Cette démarche est accompagnée par le développement d'un ensemble d'outils mis en ligne qui identifie les différents groupes de dispositifs permettant le captage et le contrôle de la lumière naturelle et la classification des effets lumineux résultant.

***Daylight Design**

Il s'agit d'un outil d'aide à la conception présentant une collection d'ouvertures appliquée à un espace de référence et classifiées suivant le type de dispositif, sa disposition ainsi que le nombre de surfaces en contact avec ce dernier. Il donne l'occasion au concepteur d'avoir une évaluation qualitative de l'effet lumineux produit dans un espace de référence (Images de synthèse) et une évaluation quantitative (calcul des luminances, FLJ, fausse couleurs...) ainsi que des images de projets de référence utilisant le même dispositif.

⁶ Paule, 1999

Un menu interactif permet aussi d'effectuer des comparaisons entre deux types de dispositifs suivant des critères qualitatifs quantitatifs en utilisant des images de synthèse ainsi que des graphes de propagation de la lumière dans un espace de référence. Figure 9-6 ci dessous

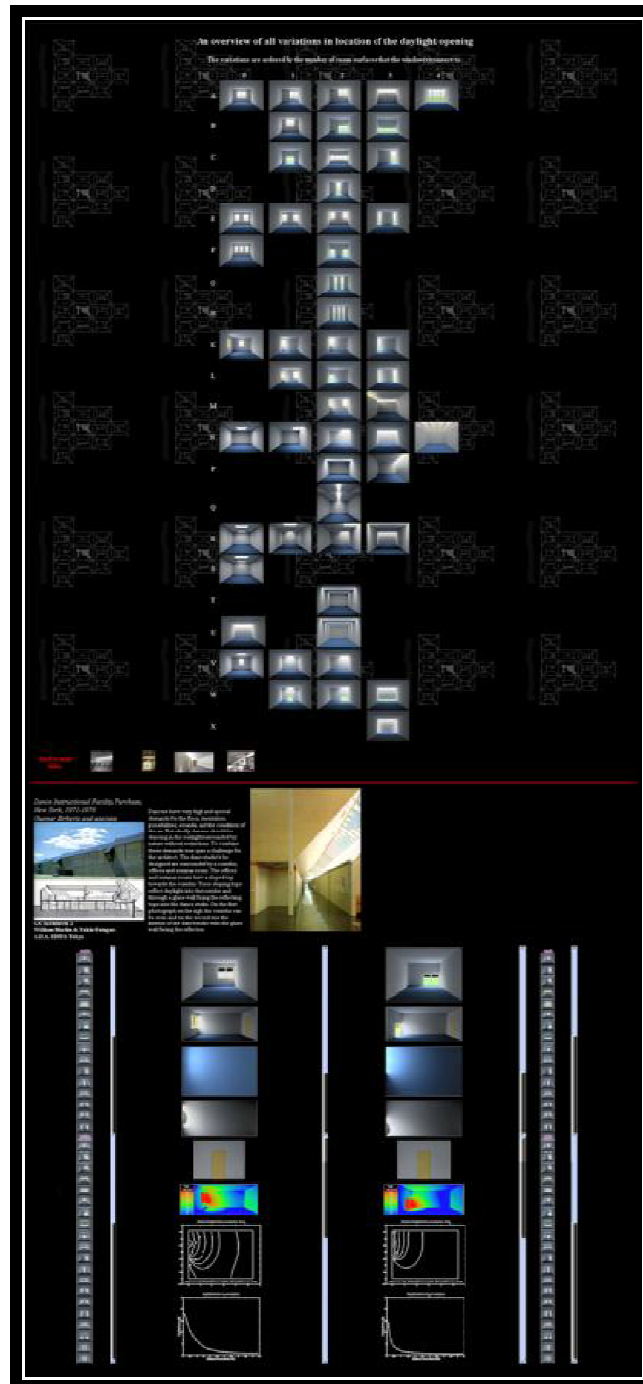


Figure 9-6 : menu interactif Daylight Design

d- Les outils de simulation inverse :

Ces outils permettent d'inverser le processus de simulation en partant d'un effet produit et de chercher à partir du résultat le générateur d'un tel effet c'est-à-dire déclarer les intentions que le système va traiter pour chercher les solutions qui peuvent produire un tel résultat (Exemple : proposer des solutions de dispositifs qui peuvent produire un effet lumineux).

***Expression :**

Cet outil fait partie d'un travail de thèse réalisé au sein du CERMA qui concerne un modèle de simulation inverse de l'éclairage permettant la prise en compte de la lumière naturelle dans le projet architectural. Cette méthode propose de concrétiser les intentions d'ambiance lumineuse, par la production des propriétés géométriques et photométriques des ouvertures.

Figure 9-7.

Cette méthode s'attache tout d'abord à matérialiser les intentions d'ambiance lumineuse dans une scène 3d, par un rendu photométrique et des descripteurs graphiques. L'action sur ces descripteurs permet au concepteur d'exprimer ses intentions d'ambiance lumineuse à travers les paramètres physiques de l'éclairage.

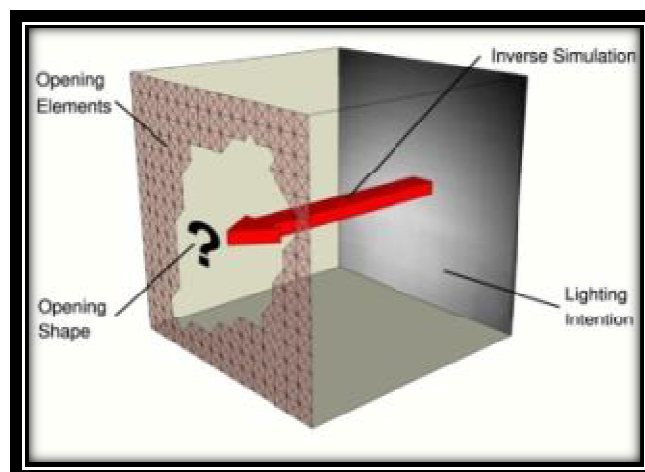


Figure 9-7 : Principe de fonctionnement

***Solimac :**

Il s'agit d'un outil développé dans le cadre d'un travail de thèse élaboré au sein du CERMA portant sur l'approche déclarative des ambiances dans le projet architectural. Il s'agit de modéliser des formes architecturales en partant des intentions d'ambiances du concepteur.⁷

Il permet donc de dessiner des taches d'ensoleillement rectangulaires dans une scène architecturale ou urbaine quelconque créée par un modéleur géométrique du commerce. Il permet de leur associer une plage temporelle du temps vécu et de réaliser géométriquement les propositions d'ensoleillement ainsi composées en calculant la pyramide associée. Il utilise les modalités d'exploration graphique interactive des solutions masques solaires permettant d'avoir les taches solaires décrites au début du processus. Enfin le concepteur intervient pour interpréter architecturalement le résultat géométrique obtenu et proposer une solution concrète. Figure 09-10-11⁸

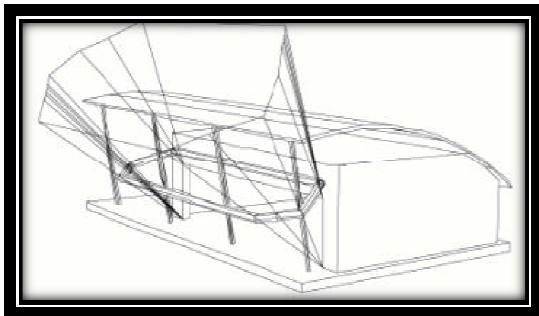


Figure 9-8 : la problématique vue sous l'angle de la modélisation géométrique.

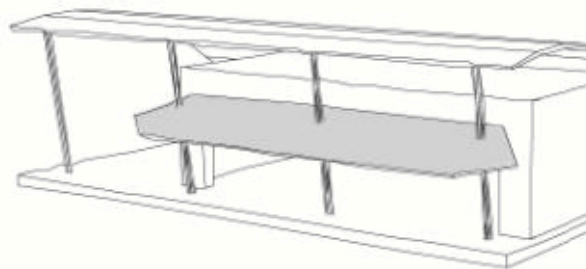


Figure 9-9 : Localisation et orientation

⁷ Siret, 1997

⁸ Siret, 1997

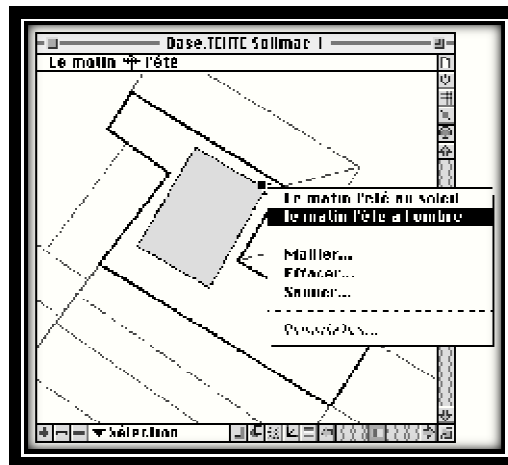


Figure 9-10 : Sélection d'une face.

I. 2/Résultats des simulations Radiance :

Radiance est un logiciel libre développé par le LBNL et est intégré à la suite logiciel IES. Contrairement au grand nombre de logiciels fournis sur le marché, Radiance utilise des données scientifiques pour créer des images de qualité photo réalistique et photométrique. Ce logiciel permet de calculer les niveaux d'éclairage, tant artificiels que naturels. Radiance génère des simulations à partir desquelles nous obtenons des informations détaillées sur les facteurs de lumière Jour, niveau de Lux et risque d'éblouissement. Ceci nous permet de concevoir et de tester les systèmes d'éclairage naturel et artificiel, faisant ainsi des bâtiments un meilleur endroit à vivre.

Radiance est un programme de simulation d'éclairage puissant qui permet aux architectes, aux ingénieurs et aux spécialistes de l'éclairage de prédire les niveaux d'éclairage et l'apparence d'un espace avant sa construction.

Il génère des informations sur l'éclairage naturel et artificiel en utilisant des techniques de traçage de rayons (Ray tracing) sophistiquées. Les images ainsi produites sont de qualités photographiques et permettent de quantifier les niveaux de lumière et de luminance, le niveau de Facteur Lumière Jour (FLJ) ainsi que l'inconfort dû à l'éblouissement, caractérisé par les indices de Guth. L'interprétation de ces informations nous permet d'optimiser les besoins en éclairage artificiel et à augmenter le niveau de confort visuel.

II. 2-1/Déroulement de la simulation :

A partir des données architecturales et des propriétés physiques des salles de classes, une analyse du comportement lumineux des échantillons est effectuée à l'aide du logiciel Radiance.

1. Le déroulement de la simulation a pris comme cheminement :

La première étape : concerne importation du model 3D de la conception de chaque salle de classe faite par le logiciel Ecotect.

2. La deuxième étape concerne la détermination du type de mesure qu'on veut avoir tel que le FLJ, le taux d'éclairement...etc.
3. La dernière étape concerne la lecture des résultats de la simulation.

On fait la simulation des différentes salles de classes avec leurs propriétés pour vérifier d'abord l'écart des valeurs mesurées et simulées (à titre de vérification).

Il s'agit d'évaluer le taux d'éclairement enregistré près de la source lumineuse qui dans notre cas est la fenêtre.

III. Résultats et interprétation des simulation de Radiances :

III. 1/ Comparaison entre le taux d'éclairement mesurées et calculés par RADIANCE

III. 1-1/Vérification du taux d'éclairement mesurés et celles simulées par RADIANCE dans l'école Khabeba :

Les figures 9-11, 9-12, 9-13 montrent une concordance entre les taux d'éclairage mesurés in situ et celles simulées. La différence de quelques lux (entre 10 lux et 35 lux) et enregistrée et cela et du probablement a la précision des appareils utilisés.

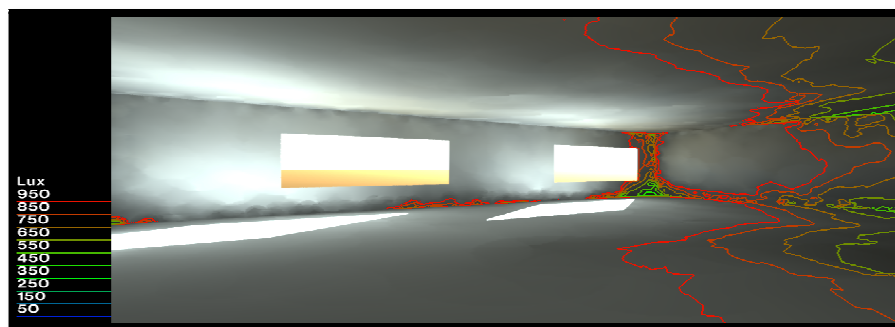


Figure 9-11 : cartographie du taux d'éclairement dans la salle de classe 01 de l'école Khabeba a 9h le 18 janvier.

Source : auteur.

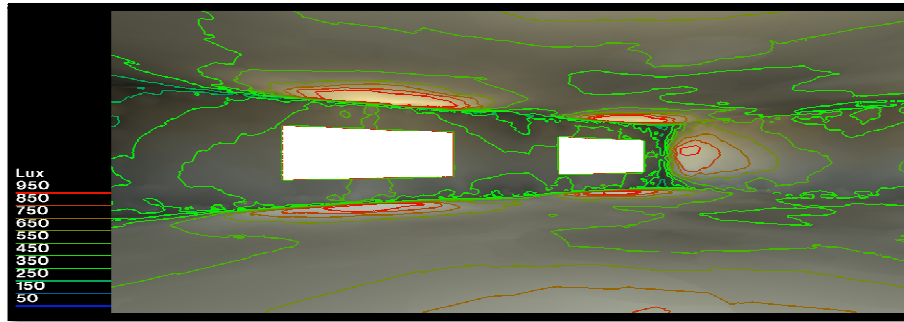


Figure 9-12 : cartographie du taux d'éclairément dans la salle de classe 01 de l'école Khabeba a 12h le 18 janvier.

Source : auteur.

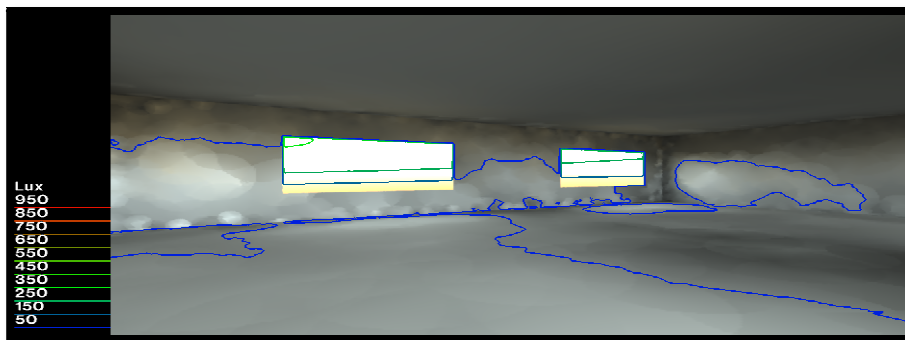


Figure 9-13 : Cartographie du taux d'éclairément dans la salle de classe 01 de l'école Khabeba a 17h le 18 janvier.

Source : auteur.

III. 1-2/Vérification du taux d'éclairément mesurés et celles simulées par RADIANCE dans l'école Bouguessa :

Idem pour l'école Bouguessa ou cette fois ci les résultats obtenus sont représentés par le taux d'expositions, les figures 9-14, 9-15, 9-16 montrent une concordance entre les taux d'éclairage mesurés in situ et celles simulées. La aussi la différence de quelques lux (entre 15 lux et 50 lux) et enregistrée et cela et du probablement a la précision des appareils utilisés.



Figure 9-14 : Taux d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 9h le 15 avril.

Source : auteur.

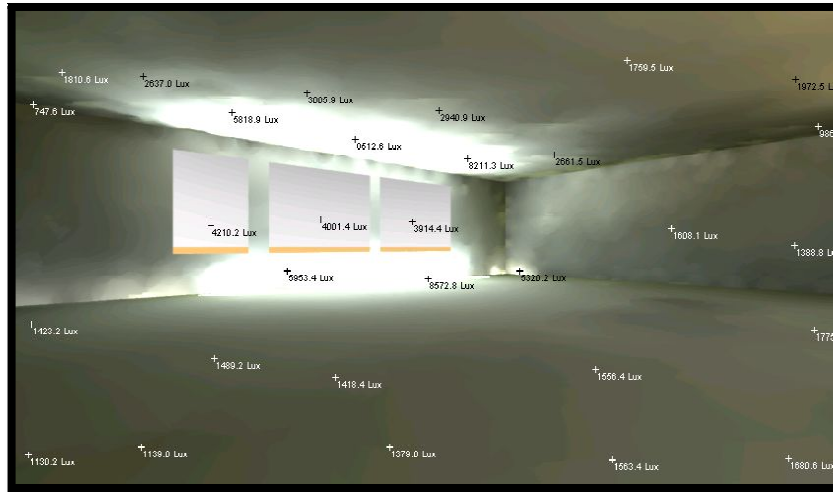


Figure 9-15 : Taux d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 12h le 15 avril.

Source : auteur.

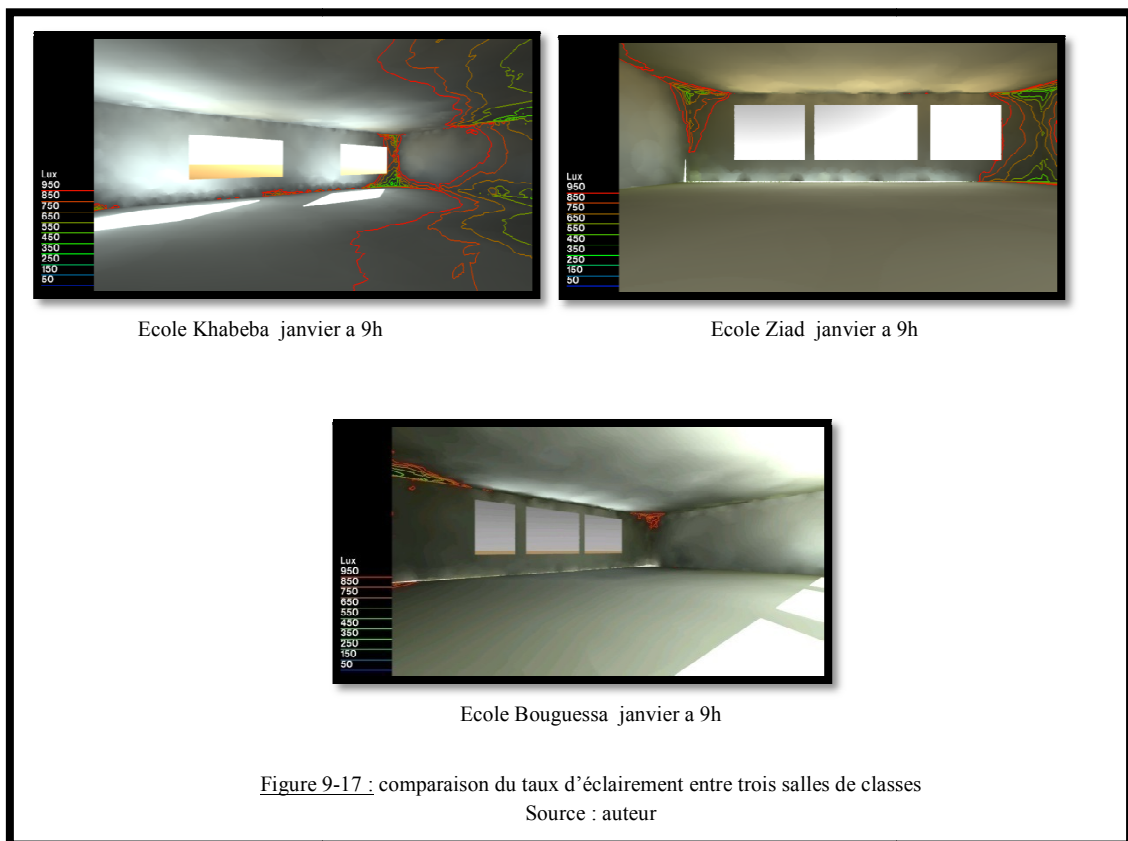


Figure 9-16 : Taux d'exposition dans la salle de classe 02 de l'école Bouguessa a 17h le 15 avril.

Source : auteur.

III. 1-3/Comparaison des taux d'éclairage simulés par RADIANCE dans trois écoles différentes : Bouguessa, Khabeba et Ziad, pour une même orientation Est :

La comparaison des taux d'éclairage entre les trois salles de classes des trois écoles témoignent d'un grand écart entre eux. La figure 9-17 ci-dessous le démontre.



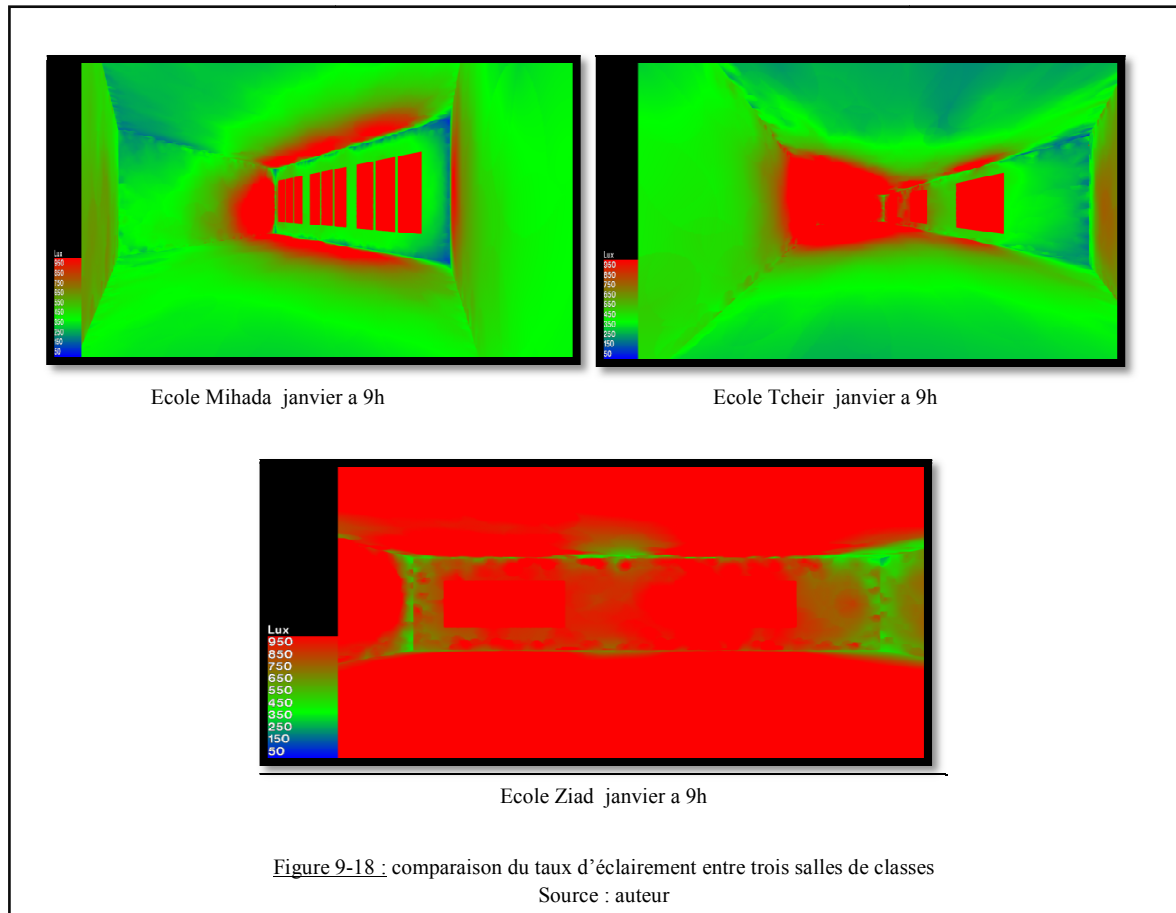
A partir de cette observation, on peut dire que l'orientation n'est pas le seul facteur influant sur le taux d'éclairément d'un espace, donc il existe d'autres facteurs qui aide a avoir un taux d'éclairément plus au moins adéquat et qui reste correcte.

III. 1-4/Comparaison des taux d'éclairément simulés par RADIANCE dans trois écoles différentes : Tcheir, Khabeba et Mihada, par rapport aux matériaux de constructions :

Cette fois ci, les trois salles de classes des trois écoles ont une différence dans le matériau constituant les murs extérieurs :

- L'école Tcheir est faite en parpaing,
- L'école Khabeba est faite en pierre,
- L'école Mihada est faite en brick.

La différence du taux d'éclairément visible dans la figure 9-18, elle temoigne aussi d'un grand écart entre eux, il peut arriver jusqu'à 150 lux a des endroits plus au moins semblables.



A partir de cette observation, on peut dire que la différence au niveau des matériaux influence sur le taux d'éclairément d'un espace, donc il existe d'autres facteurs qui aident à avoir un taux d'éclairément plus au moins adéquat et qui reste correcte.

IV. 2-1/Déroulement de la simulation :

Cette fois-ci, il s'agit d'une simulation faite avec le logiciel Ecotect v 5.5. Tout comme la simulation précédente, nous avons introduit les caractéristiques physiques de chacune des salles de classes, et on a fait la conception en 3D de chacune d'elles. La aussi, une analyse du comportement lumineux des échantillons est effectuée à l'aide du logiciel.

Le déroulement de la simulation a pris comme cheminement :

1. La première étape : concerne la conception de chaque salle de classe en 3D.
2. La deuxième étape concerne la détermination du point de vue de l'observateur à l'intérieur de la salle de classe et cela se fait en insérant une caméra qui est tournée vers le point de la source lumineuse, à savoir les fenêtres.
3. La dernière étape concerne la lecture des résultats de la simulation.

On fait la simulation des différentes salles de classes avec leurs propriétés pour vérifier d'abord l'écart des valeurs mesurées et simulées (à titre de vérification).

Il s'agit d'évaluer le taux d'éclairage enregistré près de la source lumineuse qui dans notre cas est la fenêtre.

V. Résultats et interprétation des simulation d'Ecotect :

IV. 1/ Comparaison entre le taux d'éclairage calculés par Ecotect dans deux écoles différentes :

En ce qui concerne les simulations faites par Ecotect, les deux salles de classes des deux écoles ont une différence dans le matériau constituant les murs extérieurs et d'une orientation différente, une se situe à l'est et l'autre à l'ouest, démontre que le taux d'éclairage varie selon l'orientation, la taille des ouvertures et même le type de matériau utilisé :

- L'école Tcheir est faite en parpaing, avec une orientation Sud.
- L'école Mihada est faite en brick, avec une orientation Ouest.

La différence du taux d'éclairage visible dans les figures 9-19 et 9-20.

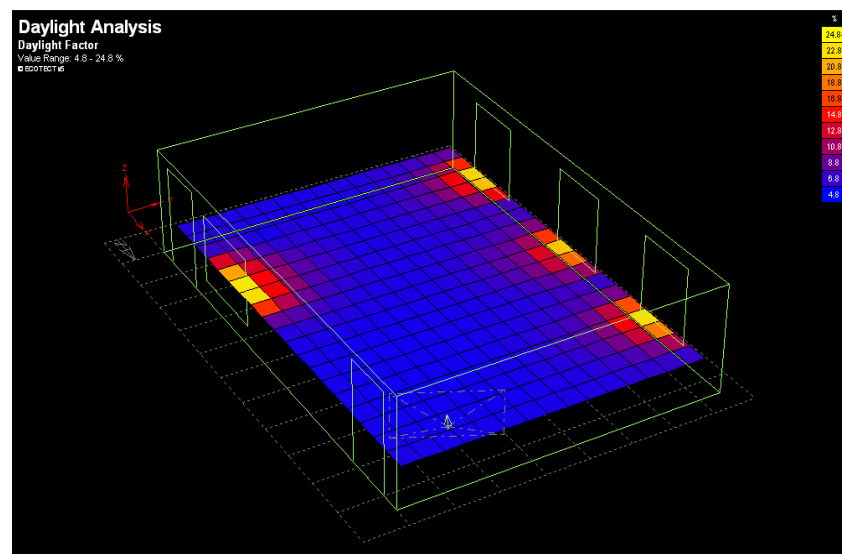


Figure 9-19 : comparaison du taux d'éclairage calculer par Ecotect dans l'école Tchei, vue axonométrique

Source : auteur

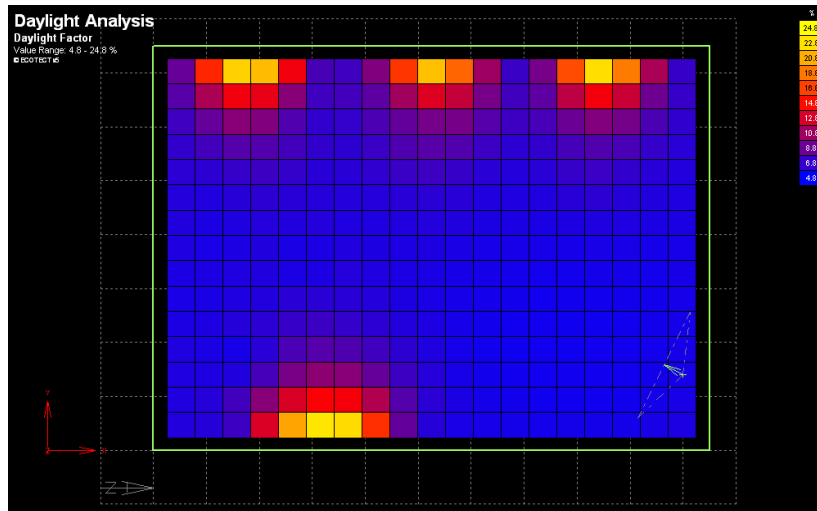


Figure 9-20 : comparaison du taux d'éclairage calculer par Ecotect dans l'école Tchei, vue en plan

Source : auteur

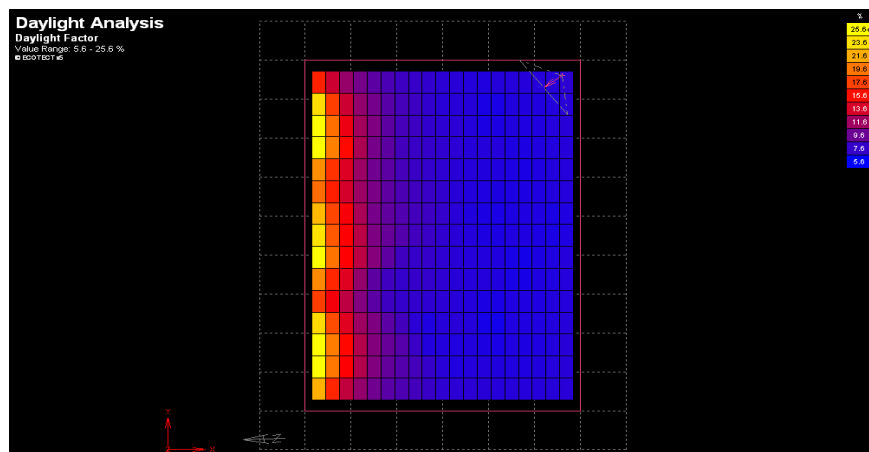


Figure 9-21 : comparaison du taux d'éclairage calculer par Ecotect dans l'école Mihada, vue en plan

Source : auteur

Conclusion :

En résumé, il existe une différenciation des valeurs de mesures effectuées dans les différents échantillons qui comportent le taux d'éclairage. Il s'en suit que, les résultats obtenus ont permis de constater l'effet de la taille des ouvertures sur l'ambiance lumineuse des salles de classes.

Contrairement à l'école Mihada et l'école Tcheir, les écoles Khabeba et Chaikh Abdou, la présence des fenêtres larges dans deux côtés de chaque salle de classe augmente le taux d'éclairage. En outre, les ouvertures et les orientations Est et Sud multiplient les chances d'avoir un éclairage naturel adéquat pendant la période allant de 9h jusqu'à environ 16h. Par ailleurs, l'école Bouguessa a enregistré les plus faibles valeurs de taux d'éclairage par rapport aux autres écoles. Il en résulte que les plus faibles taux d'éclairage sont enregistrés entre midi et dix sept heures.

Tous ces résultats, révèlent que le rapport plein vide ainsi que l'orientation ont un effet significatif sur le comportement lumineux et jouent un rôle prépondérant dans l'amélioration du confort visuel.

Conclusion Générale :

Nous pouvons alors conclure que notre hypothèse principale est confirmée : La lumière en tant que paramètre déterminant dans la perception de l'espace par l'enfant est mal exploitée cette défaillance influe directement sur la conception.

Elle constitue, par conséquent, un élément déterminant du confort visuel dans les salles de classes qui sont utilisées en premier par l'élève.

De même que pour l'autre hypothèse, à savoir que la qualité de l'ambiance lumineuse inhibe la tâche scolaire chez l'enfant, cela se traduit par l'appréciation qu'a l'élève de sa salle de classe, sa capacité à se concentrer, de voir le tableau et de suivre le maître sont de plus en plus réduits en fonction de la diminution de la source lumineuse qui est principalement la fenêtre.

Le développement des exigences de confort lumineux dans les bâtiments scolaires a conduit à des solutions conceptuelles contradictoires avec des notions nouvelles telles que la nécessité de construire pour durer tout en améliorant le bien-être des usagers.

En effet, si ces dernières années ont vu l'émergence de considérations de développement durable lors des opérations de construction, un effort considérable reste à produire, notamment sur le bâti existant.

De ce fait, en période scolaire, les écoles sont confrontés à des problèmes d'inconfort liés au phénomène d'inconfort lumineux et d'orientation des ouvertures ainsi qu'au taux du rapport plein /vide. Ceci a pour conséquence une grande consommation d'électricité pour l'éclairage artificiel qui est utilisé spontanément et cela malgré la suffisance de l'éclairage naturel notamment pendant la période allant de 8h jusqu'à midi.

Par conséquent, le recours aux conceptions avec des simulations préliminaires s'avère nécessaire pour palier aux problèmes d'éclairage et de confort visuels des usagers.

La présente recherche consiste donc en une investigation in situ des phénomènes physiques du confort lumineux. Ses objectifs sont, d'une part, l'évaluation du confort lumineux des bâtiments scolaires dans la ville de Sétif, et d'autre part, la mise en évidence des différents paramètres déterminants dans la conception des salles de classes afin de pouvoir déterminer leurs effets sur l'environnement intérieure de confort lumineux.

Et pour ce faire, afin d'atteindre cet objectif, une investigation sur six cas réels d'écoles, situées à Sétif a été entamée. Douze échantillons représentatifs ayant différentes orientations ont servi de support à l'analyse du comportement lumineux de ces écoles et ce, pendant plusieurs jours successifs aux mois de janvier, avril et juillet.

L'expérience menée est basée sur une campagne de mesures in situ avec des relevés tri horaires (mesurés simultanément) du taux d'éclairement.

Les résultats démontrés dans l'investigation nous confirment bien l'influence de la dimension des ouvertures et leurs orientations sur le confort visuel chez l'enfant.

Par conséquent, l'impact de le taux de lumière sur la vision de l'élève dans sa salle de classe est a prendre en considération et cela pour arriver a un certain confort pour l'accomplissement de la tache scolaire.

Les écoles primaires en Algérie obéissent en général, à deux types : celles qui ont un style stéréotypées qui ont été réalisées pendant la période coloniale et juste après l'indépendance, et les écoles nouvelles de nos jours. En apparence, elles semblent porter plusieurs différences mais en vérité, elles gardent les mêmes principes de conception, a savoir :

La forme : sous forme de L, U ou deux barres ;

Les salles de classe se distribuent au tour d'un corridor qui donne généralement sur une cours. Les différences frappantes qui ont été prises en considération étaient au niveau des caractéristiques des fenêtres (orientations, formes, position et dimension du vitrage) ,ainsi qu'au type de matériaux utilisés.

Pour le travail sur terrain, nous avons constate que l'orientation sud était la plus dominante, vient après les orientations est et est, tandis que l'orientation nord est quasiment absente.

Les simulations faites avec les logiciels Ecotect et Radiance ont prouvés que l'éclairage naturel dans les cas d'études différait pendant la journée et les saisons, cela est du a l'orientation des salles en premier lieu, et que les ambiances lumineuses (sensation humaine notamment), diminuées au fur et a mesure qu'on s'éloigné des ouvertures, ce qui incite a l'utilisation de l'éclairage artificiel.

Sur ce, on peut conclure que l'intervention sur les caractéristiques des salles de classes n'est pas toujours possible, surtout en ce qui concerne l'orientation.

Axes pour futures recherches :

Les champs d'investigation concernant les effets de lumière sont aussi vastes que nombreux. De nombreux domaines d'application liés à l'urbanisme et aux bâtiments restent à développer. Les résultats obtenus dans la présente recherche peuvent être mis en application dans les stratégies d'éclairage des bâtiments scolaires. D'autres axes de recherche s'ouvrent surtout au moyen des simulations sur ordinateur ; ce qui permettra de vérifier et de valider d'abord les résultats obtenus par la campagne de mesure, d'évaluer l'effet global d'ensoleillement dans les saisons scolaires pour différentes typologies. D'autres orientations critiques peuvent être testées sous l'effet de l'éclairage naturel comme le cas du rôle que jouent les matériaux sur introduction de la lumière à l'intérieur des espaces éducatifs.

Bibliographie :

- **Aravantinos, D. et Tsikalondaki, K., (2001).** *A comparative analysis on the parameters determining the indoor daylight levels for the region of Thessaloniki, Greece.* the 18th international conference on passive and low energy Architecture, Florianopolis, Brazil, 7-9 Nov.2001.
- **ASSOCIATION FRANÇAISE D'ECLAIRAGE., (1987).** *Recommandations relatives à l'éclairage des locaux scolaires.* Ed. Lux, Paris.
- **ASSOCIATION FRANÇAISE D'ECLAIRAGE., (1993).** *Recommandations relatives à l'éclairage des lieux de travail.* Ed. Lux, paris.
- **ASSOCIATION SUISSE DE L'OPTIQUE (ASO)., (2001).** *Le PC et la vision.* ASO-online. Documentation. Ed. SOV.
Source : [www.Sov.ch/pdf\(01/08/2001\)](http://www.Sov.ch/pdf(01/08/2001)).
- **Auber, R. et Talon, R., (1988).** *Electricité dans le bâtiment.* Encyclopédie technique de l'ingénieur. C III 3, Paris.
 - **AUGOYARD J.-F. (2007),** A comme Ambiance(s) , Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine, n° 20/21, « L'espace anthropologique »,
- **Baker, N. Franchiotti, A. Steemers, K., (1993).** *Daylight in architecture- A European Reference Book.* Ed. James & James, London.
- **Baker, N. et Steemers, K., (2002).** *Daylight design of buildings.* Ed. James & James (science publishers) Ltd, 35-37 William Road, London, NW1 3ER, UK.
Source :<http://www.detail.e/Archiv/De/hoteHeft/160/ErgebnisHeft.pdf>.
- **Bélorgey, X., (2005).** *Architecture et soleil.* Revue d'Architecture *DETAIL*, résumé français, n°6,2005. Source : <http://www.detail.e/Archiv/De/hoteHeft/160/ErgebnisHeft.pdf>.
- **Bennoune, M., (2000).** *Education, culture et développement en Algérie., Bilan & perspective du système éducatif.* Ed. Marinoor, Alger.
- **Bouvier, F., (1988).** *Eclairage naturel, traité construction.* Technique de l'ingénieur CIII3, Paris.
- **Brown, W.C. et Ruberg, K., (1988).** *Facteur de performance des fenêtres, regard sur les sciences du bâtiment.* CNRC.NRC. Institut de recherche en construction. pub. Documentation technique, Regard 88sur la science du bâtiment. Canada.
- **CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS., (1987).** *Application manual, window design.,* London.
- **CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS., (1994).** *Code for interior light.,* London.

- **Christine, M., (2000).** *L'ADN, effets biologiques des rayonnements ionisants.* Direction de la communication et des affaires publiques, Service information-Presses. CEA, commissariat à l'énergie atomique.
- **COMMISSION INTERNATIONALE D'ÉCLAIRAGE., (1986).** *Guide on interior lighting.* Second edition, CIE n° 29-2, Vienne/Autriche.
- **Cullen, A., (2000).** *La protection oculaire contre les rayonnements ultraviolets, Santé et vue, orientations et initiatives marquantes.* 5^{ème} symposium international de la presbytie.
- **DENOEUDE, B., (2002).** *L'éclairage.* ERGONOMIE B1 CHAPITRE 13 – LEÇON 5. 2002.
Source : http://www.cnam.fr/ergonomie/labo/espace_auditeur/erg110/visionpre4.pdf
- **Encarta., (2005).** Copyright collection Microsoft Encarta.
- **Ferrière, A., (1985).** *Encyclopaedia Universalis*, copus. 6. L'histoire de l'éducation, ESIR-ENZYMOPATHIES. Paris, France, S.A. p, 663.
- **Fontoynt, M., (1998).** *Mesurer et prédire les ambiances lumineuses en architecture.* Ambiances architecturales et urbaines, ouvrage réalisé sous la direction de Luc, A., ed. Prentices.
- **Fontoynt, M., (1999).** *Daylight performance of buildings.* Ed. James and James, London.
- **Francisco, J.J. de Almeida., (2001).** *Contribution to the definition of design and control strategie for sunbreakers.* Plea. The 18th international conference on passive and low energy Architecture, Florianopolis, Brazil, 7-9 Nov.
- **Foura, Med., (2005).** *Histoire critique de l'architecture, Evolutions et transformations en architecture pendant les 18^e, 19^e et 20^e siècles.* Ed. OPU. Alger., réimpression.2005.
- **Gatz, K. et Achterbe, G., (1982).** traduit et adapté par William Magoni, *la couleur en architecture.* Edition, Eyrolles, Paris,
- **Gayet, M.F., (1997).** *Eclairage.* Encyclopédie du bâtiment, Tome 4b, Ed. WEKA, Paris.
- **Gazenave, M., (1995).** *Encyclopédie des symboles.* Ed. La pochothèque, Paris.
- **Gregg, D. et Ander, A., (2003).** *Daylighting performance and design.* Van Nostrand Reinhold, ITPTM A division of international Thomson Publishing Inc.
- **Hopkinson, R.G., (1963).** *Architectural physics lighting.* Ed. Her Majesty's stationary office, London.
- **Hathaway, W.E. et al., (1992).** *A study into the effects of light on children of elementary school age, A case of daylight.* Robbery, Edmonton, Alberta., Canada Alberta Education.
Source:http://www.Zestress.com/lesbiensfaits_de_l_eclairage_naturel.html CNIL,n° 1040816.
- **ILLUMIATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA (IESNA)., (2000).** *Lighting handbook, reference and application.* ed. Rea, Newyork.
- **INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (INRC)., (2003).** *Fiche pratique de sécurité, Eclairage naturel.* Ed.82 Paris.

Source : www.inrs.fr.

- **ILLUMIATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA (IES), (1978).** *Recommended practice for daylighting.* ed. Rea, Newyork.
- **Izard, J-L., (1994).** *Maîtrise des ambiances, contrôle de l'ensoleillement et de la lumière en architecture.* École d'architecture de Marseille-Luminy.
- **Jean et Françoise Fourastier,** *Histoire du Confort* , Presses Universitaires de France, 1962, Éditions Que-sais-je ?
 - **1 J. PIAGET et B. INHELDER,** *La représentation de [l'espace chez l'enfant,* Paris, P.U.F., 1948; *J. PIAGET, La représentation du monde chez l'enfant,* Paris, P.U.F., 1947.
 - **J. GUILLOUET,** *Esquisse d'une étude de la formation de l'espace vécu chez l'enfant et l'adolescent,* Cahiers de géographie de Caen, 1973
- **Journal officiel de la république algérienne, n° 26 du 1 juin., (1991).** *Décret exécutif n°91-175 du 28 Mai 1991, article 35.* p, 793.
- **Journal officiel de la république algérienne, n° 13 du 16 février., (2005).** Arrêté du 3 Ramadhan 1425 correspondant au 17 octobre 2004 portant approbation du cahier des charges fixant les normes de surface et de confort applicables aux logements destinés à la location-vente.
- **Journal officiel du grand-duché Luxembourg., (1990).** *Recueil de législation, construction scolaires.* N°. 24 de 25 Mai 1990.
- **LAAR, M., (2001).** *Brise-soleil classical elements of tropical modernism.* 7th international IBPSA conference, building simulation Rio de Janeiro, brasil., Aug 13-15.
- **La Toison, M., (1982).** *Introduction à l'éclairagisme.* Ed. Eurolles, Paris.
- **La Toison, M., (1988).** *Eclairage données de base.* Techniques de l'ingénieur. CIII3, Paris.
- **Lavigne, P. et al., (1998).** *Architecture climatique, une contribution au développement durable.* tome 1, édition, EDISUD, Aix-en-provence.
- **Lekhal , H. et Ellefsen, P.E., (2001).** *La perception des couleurs par l'œil.* Paris
Source : <http://www.bioinformatics.org/oeil-couleur>.
- **Lenclos, D. Lenclos, J-P., (2001).** *Fenêtres du monde.* Edution. Moniteur, Isbn2-281-19149-4., Paris.
 - **LUC ADOLPHE ,(1998)** Les cahiers de la recherche architecturale
- **Mariet, F., (1981).** *L'enfant, la famille et l'école, collection science de l'éducation.* Collection scientifique de l'éducation. Ed. ESF, Paris.
- **Mazouz, S., (2004).** *Eléments de conception architecturale, Aspects conceptuels.* OPU, Alger.
- **Minier, F., (2001).** *hygiène et sécurité, note d'information.* n°20., Académie d'orléans-Tours.

- **MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS PRIMAIRE ET SECONDAIRE., (1971).** *Construction Scolaire, Recueil de normes*, Alger.
- **MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE., (1982).** *Guide des constructions scolaire et de l'enseignement fondamental. N°1 et 2.* Ed, Alger 9/11/1982. N° 4284/D.C.E.S/82.
- **MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE., (1983).** *Les équipements scolaires, concevoir_construire_utiliser.* CEP, Ed. du moniteur, Paris.
- **MINISTERE DE LA CULTURE ET DE LA COMMUNICATION., (2000).** *Equipements culturels, Charte d'accueil des personnes handicapées, Texte de recommandation.*
- **Montes, F., (1986).** *Le Corbusier.* Revue. AMC., N° 49.
- **Mucchielli, A., (2002).** *Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines et sociales.* Ed. Armand Colin / VUEF, Paris.
- **Muller, F., (2004).** *L'éclairage des lieux de travail, Notions de base.*
Source : <http://www.ast67.org/dossier/eclairage.html>. mise à jour : Avril 2004.
- **Muller, F., (2004)** *Les biens faits de l'éclairage naturel.*
Source : www.ZeStress.com > *Les bienfaits de l'éclairage naturel, html* CNIL sous le n°1040816.
- **Nicklas, M., (2004).** *Getting to Real, change, Leading bay design.* La revue Architecture's Inovators n° Nov/Dec.
Source: www.Solartoday.org.
 - **R. Berthelot et M.-R. Salin,** *L'Enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire, 1992, p. 102.*
- **O'Connor, J., (2000).** *Tips for daylighting with windows, the integrated approach.* Ernest Orlando Lawrence Berkeley national laboratory.
Source: <http://windows.lbl.gov/daylighting/disignguide.pdf>.
- **ORGANISATION MONDIALE DE SANTE, OMS., (1999).** *Rayonnement solaire et santé humaine, L'excès de soleil est dangereux.* Aide mémoire N° 227, août
Source : <http://www.who.int/html>,
- **Patin, P., (1985).**, *Un guide de bonne pratique pour la construction des luminaires.* Lux, La revue de l'éclairage N°. 132, Mars/Avril.
- **Redjem. N., (1986).** *Industrialisation et système éducatif algérien.* ed. Office des publications universitaires, Alger.
- **René, Vittone., (1996).** *Bâtir, manuel de la construction.* presses polytechniques et universitaires Romandes, première édition.
- **SAFFIDINE-ROUAG, D., 2001.** *Sunlight problems within new primary school classrooms in Constantine (Algeria).* Thèse pour l'obtention du doctorat d'état en architecture. Université Mentouri Constantine Algérie.

- **SAFFIDINE-ROUAG, D. et WILKINSON, A.M., (2001).** *A case study of improvement of sunlight classrooms environment in Constantine Algeria.* revue, Enseignement/ Recherche. LES CAHIERS DE L'ÉPAU. N° 9/10 Octobre 2001.
- **Sierra, Pine., (2002).** Ltd, *Product News & Reviews, Environmental Building News.* Volume 11, Number 11· November.
Source: <http://www.buildingGreen.com.pdf>.
- **Sivadon, P. Fernandez, A – Zoïla., (1983).** *Temps de travail, temps de vivre, analyse pour une psychologie du temps* », Psychologie et sciences humaines, Belgique.
- **Société d'astronomie du Planétarium de Montréal., (1996).** *Soleil.*
Source : <http://www.planetarium.montreal.qc.ca/Information> -- Dernière mise à jour : 26/08/1996.
- **TOCQUET, R., (2001).** *Comment développer votre attention et votre mémoire.* INEDIT., MCMLXXXVIII I. A.B.
- **TOUATI, S., (1971).** *Formation des cadres pour le développement.* O.P.U, Nouvelle édition, Alger.
- **Twarowski, M., (1967).** *Soleil et architecture.* Ed. Dunod, Paris.
- **U.S. Department of Energy., (2003).** *Daylighting, Energy efficiency renewable energy.*
Source: <http://www.rebuild.org/attehments/presentation/PHXDaylightingKnuffke.pdf>.
- **W. C. Brown et K. Ruberg., (1988).** *Regard sur la science du bâtiment, Facteurs de performance des fenêtres.* CNRC.NRC Institut de recherche en construction, *Les fenêtres : performance et technologie de pointe.* Série de colloques présentés dans d'importantes villes canadiennes en 1988. Conseil national de recherches, Canada.