

République algérienne démocratique et populaire Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique
Université Abderrahmane Mira – Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'Architecture

Thème :

Évaluation du confort lumineux et son influence sur
l'ambiancelumineuse dans les espaces scolaires

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master II en Architecture
« Spécialité Architecture »

Préparé par :

MORS Meriem

Encadré par :

Mme SARAOUI ATTAR Salma

Ms DJARMON	Département architecture de Bejaia	Président de jury
Ms RABHI	Département architecture de Bejaia	Rapporteur
Mme MECHERIL	Département architecture de Bejaia	Examineur

Année Universitaire 2020 - 2021

Résumé

En Algérie, plus de quart de la population passent leur vie dans les écoles, les collèges..., plusieurs études ont été effectuées sur le confort visuel dans les espaces éducatifs plus précisément les salles de classe ont toutes affirmé que le niveau d'éclairage naturel a une grande influence sur les performances intellectuelles des élèves, et leur bien-être psychologique et physiologique. Pour cela, les établissements scolaires doivent garantir un environnement confortable, sain, et propice à l'apprentissage pour les élèves et les enseignants.

Notre présente recherche, a pour objectif d'évaluer le niveau d'éclairage dans les salles de classes de lycée Sidi Ali Labhar à Bejaia, afin de cerner tous les problèmes liés à l'éclairage naturel, et donner par la suite des solutions pour les résoudre.

Pour cela, nous avons procédé à une évaluation qualitative avec une seule méthode qui est l'enquête par questionnaire a été distribuée pour les élèves de lycée afin de savoir leur satisfactions et préférences concernant l'éclairage naturel. Et une évaluation quantitative avec deux techniques : la prise de mesures pour six salles de classes de différentes orientations (est, ouest, sud) pour mesurer la quantité de lumière naturelle qui pénètre à l'intérieur, pour une seule journée dans les trois périodes défavorables de la journée (9h, 12h, 16h), et une simulation numérique pour compléter la prise de mesures avec le logiciel Archiwizard.

Cette étude nous a permis de constater que les salles de classe de ce lycée sont pas très confortables à cause de problèmes d'ensoleillement direct (la présence de taches solaires sur le plan de travail) provoquant des risques d'éblouissement ce qui influe négativement sur les élèves. Pour finir, nous avons fait des recommandations pour résoudre ces problèmes afin d'assurer un espace confortable pour l'apprentissage. La recherche que nous avons faite c'est une démarche qui nous aide dans notre conception, et les informations collectées seront appliquées dans le projet de fin d'étude.

Mots-clés : lumière naturelle, confort visuel, ambiance lumineuse, salle de classe.

المخلص

في الجزائر، أكثر من ربع السكان يقضون حياتهم في المدارس، الكليات ...، تم إجراء العديد من الدراسات على الراحة البصرية في المساحات التعليمية بشكل أكثر بدنيا، وقد أكد جميع الفصول الدراسية بدقة أن مستوى الإضاءة الطبيعية له تأثير كبير على الأداء الفكري للطلاب، وبزرتهم النفسية والفسولوجية. لهذا، يجب أن تضمن المدارس بيئة مريحة وصحية، وتفضي إلى تعلم الطلاب والمعلمين. لدينا البحوث الحالية، تهدف إلى تقييم مستوى الإضاءة في الفصول الدراسية في مدرسة سيدي علي لبحر الثانوية في بجاية، من أجل تحديد جميع المشاكل المتعلقة بالإضاءة الطبيعية، وإعطاء حلول لاحقا لحلها. لذلك، أجرينا تقييما نوعيا بوسيلة واحدة وهي تم توزيع مسح الاستبيان على طلاب المدارس الثانوية لمعرفة مرض وتفضيلات الإضاءة الطبيعية. وتقييم كمي بتقنيين: أخذ تدابير لستة فصول دراسية من الاتجاه الإرجاعي (الشرق، الغرب، الجنوب) لقياس كمية الضوء الطبيعي الذي يخترق الداخل، ليوم واحد في الفترات الثلاثة غير المواتية من اليوم

(8سا,16,12)

ومحاكاة رقمية لاستكمال القياس مع برنامج ArchiWIZARD .

أتاحت لنا هذه الدراسة أن نجد أن الفصول الدراسية في هذه المدرسة الثانوية ليست مريحة للغاية بسبب مشاكل أشعة الشمس المباشرة (وجود البقع الشمسية في خطة العمل) مما تسبب في مخاطر الوهج التي لها تأثير سلبي على الطلاب

أخيراً، قدمنا توصيات لحل هذه المشكلات من أجل ضمان مساحة مريحة للتعلم. البحث الذي قمنا به هو نهج يساعدنا في تصميمنا، وسيتم تطبيق المعلومات التي تم جمعها في مشروع نهاية الدراسة.

الكلمات المفتاحية: ضوء طبيعي، راحة بصرية، جو خفيف، حجرة دراسية.

Abstract

In Alegria, more than a quarter of the population spend their life in schools, colleges, etc., several studies have been carried out on visual comfort in educational spaces, more specifically classrooms have all affirmed that the level of natural lighting has a great influence on the intellectual performance of students, and their psychological and physiological well-being. To do this, schools must ensure a comfortable, healthy and learning environment for students and teachers.

Our present research aims to assess the level of lighting in the classrooms of Sidi Ali Labhar high school in Bejaia, in order to identify all the problems related to natural lighting, and subsequently provide solutions for them. solve.

For this, we carried out a qualitative evaluation with a single method which is the questionnaire survey was distributed to high school students in order to find out their satisfaction and preferences regarding natural lighting. And a quantitative evaluation with two techniques: taking measurements for six classrooms of deferent orientation (east, west, south) to measure the amount of natural light that penetrates inside, for a single day in the three unfavorable periods of the day (9 a.m., 12 p.m., 4 p.m.), and a digital simulation to complete the measurements with the Archiwizard software.

This study allowed us to observe that the classrooms of this high school are not very comfortable because of problems of direct sunlight (the presence of sunspots on the work plan) causing risks of dazzling which has a negative influence on students. Finally, we made recommendations to resolve these issues to ensure a comfortable space for learning. The research we have done is an approach that helps us in our design, and the information collected will be applied in the end of study project.

Keywords: natural light, visual comfort, light atmosphere, classroom.

Liste des tableaux

Chapitre I :

Tableau 01 : L'éclairage des sources lumineuses	12
---	----

Chapitre IV :

Tableau 01 : la simulation dans la salle 02 Bloc C1 pour la période 21 décembre ..	66
--	----

Tableau 02 : la simulation dans la salle 02 Bloc C3 pour la période 21 décembre ..	67
--	----

Tableau 03 : la simulation dans la salle 02 Bloc D pour la période 21 décembre...	67
---	----

Tableau 04 : la simulation dans la salle 05 Bloc D pour la période 21 décembre ...	68
--	----

Tableau 05 : la simulation dans la salle 05 Bloc C1 pour la période 21 Juin.....	69
--	----

Tableau 06 : la simulation dans la salle 02 Bloc C3 pour la période 21 Juin.....	70
--	----

Tableau 07 : la simulation dans la salle 05 Bloc C3 pour la période 21 Juin.....	71
--	----

Tableau 08 : la simulation dans la salle 05 Bloc D pour la période 21 Juin.....	71
---	----

Tableau 09 : la simulation dans la salle 02 Bloc C1 pour la période 21 sept/mars ..	72
---	----

Tableau 10 : la simulation dans la salle 02 Bloc C3 pour la période 21 sept/mars ..	73
---	----

Tableau 11 : la simulation dans la salle 05 Bloc D pour la période 21 sept/mars...	73
--	----

Tableau 12 : la simulation dans la salle 05 Bloc C1 pour la période 21 Juin avec et sans les avancées horizontales (extensibles).....	75
---	----

Chapitre V :

Tableau 01: tableaux de synthèse.....	93
---------------------------------------	----

Tableau 02 : le programme officiel d'un lycée.....	98
--	----

Liste des figures

Chapitre I :

Figure 01 : Les différents types de ciel.....	09
Figure 02 : les quatre notions de la photométrie	10
Figure 03 : le flux lumineux	10
Figure 04 : l'intensité lumineuse	11
Figure 05 : l'éclairement... ..	11
Figure 06 : La luminance.....	12
Figure 07 : le facteur de lumière de jour... ..	13
Figure 08 : Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral.....	14
Figure 09 : Dispositifs d'éclairage bilatéral et ses performances lumineuses... ..	15
Figure 10 : Performance lumineuse des ouvertures latérales en fonction de leur position, le 15 juin à 13 heures universelles sous un ciel clair.....	17
Figure 11 : Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairement moyen	18
Figure 12 : L'éclairement d'un espace relatif selon la taille de la fenêtre.....	18
Figure 13 : La règle de pouce	19
Figure 14 : condition d'obtention du confort visuel dans une salle de cours.....	20
Figure 15 : L'éclairement... ..	20
Figure 16 : Valeurs de l'éclairement requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail	21
Figure 17 : éblouissement par réflexion... ..	22

Chapitre II :

Figure 01 : Ecole primaire à Zurich en Suisse	30
Figure 02 : Systèmes d'écoles industrialisées... ..	31
Figure 03 : Schémas d'implantation des écoles traditionnelles et modernes de Zurich(Suisse)	32
Figure 04 : Critique des orientations du bâtiment scolaire typique... ..	40

Chapitre III :

Figure 01 : capture d'écran de l'interface Archiwizard.....	45
Figure 02 : capture d'écran de la modélisation 3D du lycée Sidi Ali Labhar sur le logiciel Sketchup	45
Figure 03 : Capture de l'interface logicielle Archiwizard (insertion de fichier	

climatique du Bejaia).....	46
Figure 04 : Capture de l'interface logicielle Archiwizard (le choix d'usage de bâtiment) ...	46
Figure 05 : Capture de l'interface logicielle Archiwizard (choix des matériaux).....	47
Figure 06 : Capture de l'interface logicielle Archiwizard (insertion de cartes d'éclairage)	47
Figure 07 : Capture de l'interface logicielle Archiwizard (le choix de la journée et l'heure)	48
Figure 08 : Capture de l'interface logicielle Archiwizard (création de rapport).....	48
Figure 09 : capture d'écran sur interface Excel 2013.....	50
Figure 10 : Carte illustrant la situation géographique de Bejaia	50
Figure 11 : plan de situation lycée Sidi Ali Labhar.....	52
Figure 12 : plan de masse lycée Sidi Ali Labhar.....	52
Figure 13 : la 3d de lycée Sidi Ali Labhar avec le logiciel sketch up.....	53
Figure 14 : Vue sur les blocs C3 et D.....	54
Figure 15 : Vue sur les blocs C1 et C2.....	54
Figure 16 : Vue sur Le bloc administrative	54
Figure 17 : Vue sur l'auditorium.....	54
Figure 18 : Vue sur la placette depuis l'intérieur.....	54
Figure 19 : Vue sur la placette depuis l'extérieur.....	54
Figure 20 : les cellules choisies sur le plan de masse.....	55
Figure 21 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle02 Bloc C1	56
Figure 22 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle05 Bloc C1	57
Figure 23 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle02 Bloc C3	58
Figure 24 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle05 Bloc C3	59
Figure 25 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle02 Bloc D.....	60
Figure 26 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle05 Bloc D.....	61

Chapitre IV :

Figure 01 : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 05 bloc C1 étage à 8h.....	64
--	----

Figure 02 : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 05 bloc C1 étage à 12H.....	65
Figure 03 : la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 05 bloc C1 étage à 16H.....	65
Figure 04 : les avancé extensible.....	84
Figure 05 : Les stores vénitiens... ..	84

Chapitre V :

Figure 01 : Situation du lycée Robert Schuman / Photo aérienne	89
Figure 02 : Plan masse du lycée. En haut de l'image, ville	89
Figure 03 : les différents plans de lycée	90
Figure 04 : Façade extérieur de lycée	90
Figure 05 : plan de situation lycée Sampaix Roanne.....	91
Figure 06 : plan de masse de lycée Sampaix Roanne.....	92
Figure 07 : plan d'ensemble de lycée Sampaix Roanne.....	93
Figure 08 : Vue aérienne de la ville de Bejaia.....	94
Figure 09 : Zone intervention... ..	94
Figure 10 : Carte du POS B18, La zone industrielle	95
Figure 11 : le schéma de structure	96
Figure 12 : les accès de projet	100
Figure 13 : l'emplacement des entités	101
Figure 14 : 1 ^{er} proposition de PFE.....	102
Figure 15 : la 1er étape de la genèse de la forme.....	103
Figure 16 : la 2eme étape de la genèse de la forme	104
Figure 17 : la 3eme étape de la genèse de la forme	104
Figure18 : la 4eme étape de la genèse de la forme.....	105
Figure 19 : la 5eme étape de la genèse de la forme.....	106
Figure 20 : Vue en 3D de projet.....	106

Figure 21 : Plan de RDC de projet	107
Figure 22 : Plan d'étage de projet	107
Figure 23 : capture d'écran sur l'interface de logiciel Archiwizard (carte d'éclairage) .	108
Figure 24 : capture d'écran sur l'interface de logiciel Archiwizard (l'effet de l'ombre).	108

Liste des graphes :

Chapitre III :

Graphe 01 : le niveau du confort selon l'humidité 51

Graphe 02 : température moyenne maximale et minimale.....51

Chapitre IV :

Graphe 01 : l'appréciation d'étudier des élèves dans les salles de classes... ..76

Graphe 02 : La sensation de bien-être dans les salles de classes.....76

Graphe 03 : Evaluation de la lumière naturelle en hiver 77

Graphe 04 : Evaluation de la lumière naturelle en été.....77

Graphe 05 : Evaluation de la lumière naturelle en mi- saison.....78

Graphe 06 : répartition des élèves selon la présence de taches solaire.....78

Graphe 07 : répartition des élèves selon le gêne de la présence des rayons solaire directs 79

Graphe 08 : répartition des élèves selon l'usage de la protection solaire.....79

Graphe 09 : répartition des élèves selon le gêne de l'éblouissement des rayons solaire 79

Graphe 10 : répartition des élèves selon les sources de l'éblouissement des rayons solaire.80

Graphe 11 : Périodes par heure de journée défavorables de la pénétration de la lumière naturelle..... 80

Graphe 12 : L'apparition des traces d'ombre gênant sur le plan de travail.....81

Graphe 13 : répartition des élèves selon les sources de l'ombre 81

Graphe 14 : répartition des élèves selon la sensation de Fatigue visuelle..... 82

Graphe 15 : répartition des élèves selon les causes de la fatigue visuelle.....82

Graphe 16 : répartition des élèves selon l'influence de l'environnement lumineux sur la capacité intellectuelle83

Dédicace :

J'ai le plaisir de dédier ce travail à :

Ceux que j'ai tant aimé avec beaucoup d'affection et je suis très fière de les avoir et tous les mots du monde ne peuvent exprimer l'amour et le respect que je leur porte :

À Mes très chers parents Med Akli et Saliha,

À Mon très cher frère Yanis,

À mes oncles et mes chères tantes,

A mes chères cousines et chers cousins,

A mes chères copines,

A toutes les personnes chères à mon cœur.

Merci

Remerciement :

Tout d'abord, je remercie le tout puissant le bon Dieu de m'avoir donné la force et le courage pour mener à terme ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Madame Attar Selma pour avoir dirigé ce travail, pour son aide, ses encouragements, et ses conseils précieux tout au long de ce travail, et la confiance Dont elle a toujours fait preuve à mon égard,

Mes chaleureux remerciements à l'ensemble des membres de jury qui nous ont fait l'honneur, en acceptons d'examiner ce travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude à Mr Daiche pour sa disponibilité, son aide, son soutien, et ses conseils précieux et avisés tout au long de mon travail.

Je remercié également tous les enseignants, qui ont contribué à notre formation, qui nous ont suivis le long de notre cursus universitaire.

Enfin je remercié particulièrement mes parents, pour leurs soutiens inconditionnels tout au long de ces longues années d'études.

Introduction

Introduction :

Depuis l'avènement du développement durable, de nombreux pays occidentaux ont favorisé l'usage de la lumière naturelle dans les bâtiments de toute échelle en essayant d'améliorer le confort visuel afin d'assurer un environnement sain et confortable pour les occupants, et pour l'économie d'énergies. Notre recherche ciblera essentiellement le confort visuel et l'importance de l'éclairage naturel dans les établissements scolaires.

La lumière naturelle est la plus importante de toutes les énergies naturelles qui existent dans notre planète. Elle reste la source d'éclairage la plus puissante en offrant une meilleure qualité de l'ambiance lumineuse d'un côté, et en assurant à la fois le confort visuel et l'économie d'énergies d'un autre côté. La lumière est très importante pour la vision et essentielle pour la perception des différentes formes, couleurs et l'ambiance des espaces. Le Corbusier l'affirme en disant que « *nos yeux sont fait pour voir les formes sous la lumière, les ombres et les clairs révèlent les formes, les cubes, les cônes, les sphères, les cylindres, ou les pyramides sont les grandes formes primaires que la lumière révèle bien, l'image nous en est nette et tangible sans ambiguïté, c'est pour cela que se sont de belles formes, tout le monde est d'accord en cela, l'enfant, le sauvage, et le métaphysicien.* »¹

La lumière naturelle est considérée par les architectes comme l'un des concepts principaux dans l'architecture. Le Corbusier dit : « *J'use, vous vous en êtes douté, abondamment de la lumière, la lumière est pour moi l'assiette fondamentale de l'architecture.* »², pour lui c'est comme un matériau de base dans les conceptions architecturaux. Ils l'utilisent pour créer des espaces architecturaux agréables par ce qu'elle apporte une plus-value au projet.

La lumière naturelle est primordiale pour l'homme, elle a un impact important non seulement sur sa vision mais aussi sur son état psychologique. Selkowitz trouve que: « *l'éclairage naturel a non seulement un impact sur l'économie de l'énergie mais il a surtout des bienfaits psychologiques sur les usagers de l'espace* ». ³

La passion de l'homme pour les ressources naturelles et les constructions bioclimatiques a contribué à réduire l'éclairage artificiel et à accorder plus d'attention à l'éclairage naturelle. et les architectes commencent à s'intéresser à cette lumière et l'intégrer dans leur œuvres vu les bienfaits et les avantages qu'elle offre. Tel que stipulé par louis khan qui pense que : « *Il est*

¹ (corbosier, 1924)

² (Corbusier, 1930)

³ (Selkowitz, 1999)

ridicule de penser qu'une ampoule électrique peut faire ce que le soleil et les saisons accomplissent...Ainsi ce qui donne un authentique sens à l'espace architectural, c'est la lumière naturelle » (L.Kahn). Pour lui l'éclairage artificiel ne peut jamais remplacer la lumière naturelle, la lumière artificielle c'est juste un complément à la lumière naturelle, lorsqu'un bâtiment ne reçoit pas l'ensoleillement nécessaire, il aura besoin d'énergie importante pour la fabriquer et l'utiliser.

Dans les établissements scolaires la lumière naturelle est indispensable, si l'on prend en considération son impact sur le processus d'apprentissage, l'enseignement et les lieux de vie des élèves et des fonctionnaires. C'est aussi les lieux où l'enfant améliore ces capacités intellectuelles en favorisant le développement de sa personnalité afin de s'intégrer à la société.

Concevoir des bâtiments scolaires est un excellent travail pour les architectes, et ils ont une grande responsabilité dans ce travail, car cela affecte les étudiants, leur créativité, leurs sentiments et leurs attitudes envers l'environnement bâti.⁴

La réussite scolaire des apprenants ne dépend pas seulement de leurs capacités mentales, leurs états psychologiques ou de leurs concentration, elle dépend de leurs bien-être et leurs confort dans les salles de classes,⁵ Ces dernières doivent être conçues en fonction des exigences du confort que ce soit le confort thermique, le confort acoustique ou bien le confort visuel, afin d'avoir un environnement sain, confortable et durable.

La problématique :

La lumière naturelle est indispensable dans un établissement scolaire vu son impact sur les performances intellectuelles des élèves, leurs états psychologiques et physiologiques.

Malheureusement, en Algérie nous ne prenons pas en compte la lumière dès la phase conception, particulièrement dans les établissements scolaires qui sont souvent réalisés en fonction des plans types partout, négligeant de ce fait les caractéristiques climatiques de chaque région. L'objectif est de construire en quantité et non pas en qualité⁶, pour cela les architectes algériens négligent le confort et les ambiances intérieures dans les conceptions architecturales.

Notre pays présente un potentiel en terme d'ensoleillement, il bénéficie d'un ensoleillement excessif avec un éclairage favorable à la longueur de l'année à environ 3300 heures/an.⁷ Ce

⁴ (Professeur Gordon Murray, ancien président de la Royal Incorporation of Architects in Scotland,)

⁵ (TABOUCHE, 2010)

⁶ (TABOUCHE, 2010)

⁷ (C.Chibani, 1999)

potentiel solaire important est malheureusement mal exploité, et nous remarquons toujours l'utilisation de l'éclairage artificiel dans les salles de classe en plein jour afin d'offrir une bonne visibilité.

Les architectes tentent de maîtriser et de contrôler la lumière dans les établissements scolaires pour créer des différentes atmosphères et ambiances lumineuses, tout en évitant les zones d'inconfort et de mal être chez les élèves.

L'ambiance lumineuse dans les salles de classe augmente les capacités d'apprentissage et l'efficacité du travail, elle ne dépend pas seulement de la lumière mais de plusieurs paramètres comme : la conception de l'espace, les matériaux, les couleurs des surfaces intérieures, les ouvertures (dimension, forme, emplacement, orientation,...) et l'aménagement...

La question principale que nous nous sommes posés :

- Comment optimiser l'éclairage naturel dans les établissements scolaire ?

Et cette question globale nous amène à poser d'autres questions secondaires :

- Comment assurer le confort visuel dans les établissements scolaire ?
- Quelle solution pourrons-nous adopter pour éviter l'inconfort dans les salles de classe ?
- Et comment traiter l'ambiance lumineuse pour avoir un meilleur confort pour les usagers?

Hypothèses :

Pour répondre aux questions précédentes, nous avons opté pour les hypothèses suivantes :

- La maîtrise et le contrôle de la lumière naturelle dans les établissements scolaires assure un bon confort visuel.
- La mauvaise qualité de la lumière naturelle et la mal-exploitation de cette dernière dans les salles de classe créé un inconfort visuel qui influent négativement sur les élèves.
- La qualité de l'ambiance lumineuse dépend de la qualité et la quantité de la lumière naturelle reçu à l'intérieur, les ouvertures (type, dimension, emplacement, orientation ...), les couleurs des surfaces intérieures, et même la conception de l'espace.

Les objectifs de recherche :

Les objectifs visés dans notre recherche sont :

- L'usage de la lumière naturelle et garantir un confort visuel optimal dans les établissements scolaires
- Créer des diverses ambiances lumineuses et améliorer leurs qualités.
- Evaluer quantitativement et qualitativement la lumière naturelle et le confort visuel à l'intérieur des salles de classe.
- Concevoir des établissements scolaires dans des conditions lumineuses confortables.

Méthodologie de recherche :

Pour répondre aux problématiques et confirmer ou infirmer ces hypothèses, l'étude est structurée en deux parties :

Une Partie théorique : composée de 03 chapitres :

Le premier chapitre : base sur les notions liées à la lumière naturelle

Le deuxième chapitre : englobera les différentes connaissances de base et les notions de confort visuel et les ambiances lumineuses dans les salles de classe.

Le troisième chapitre : base sur les normes de construction des établissements scolaire.

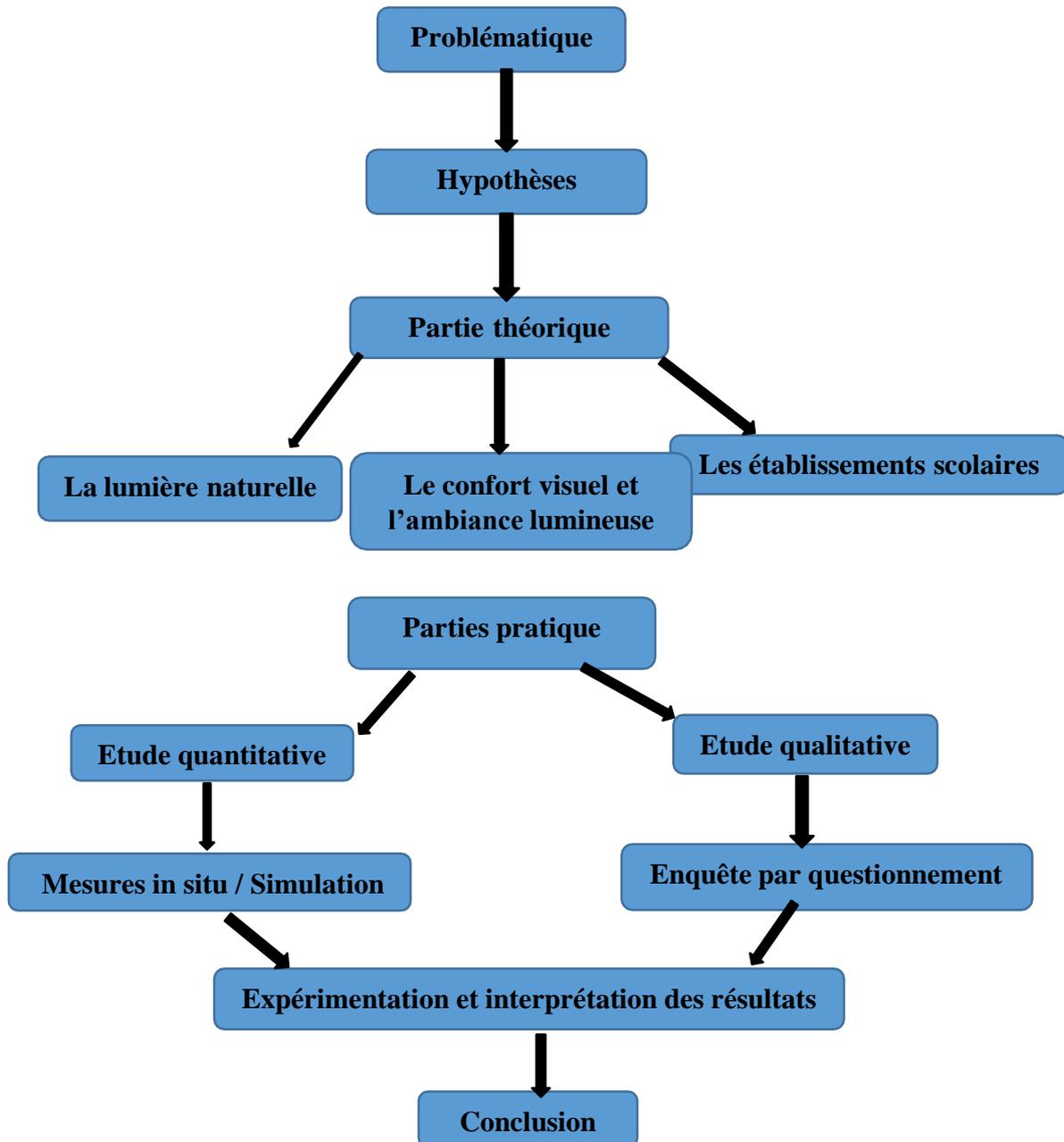
Partie pratique : Cette partie comporte deux études qualitative et quantitative, avec trois outils de recherche :

Le premier outil : les mesures in situ à l'aide d'une instrumentation technique.

Le second outil : l'enquête par questionnaire.

Le troisième outil : une simulation à l'aide d'un logiciel.

Structure du mémoire :



Chapitre I :

La lumière naturelle, confort visuel, l'ambiance lumineuse

La lumière naturelle :

Introduction :

La lumière est un élément très important qui génère la vie sur la terre, et l'homme ne peut s'en séparer. Elle représente une partie qu'on ne peut nier ou réfuter dans la vie quotidienne, et elle a une grande influence sur notre état psychologique et physiologique. La lumière naturelle est considérée comme un élément nécessaire dans les conceptions architecturales, elle contribue à leur esthétique, elle les relève, crée des ambiances à l'intérieur et elle est un support fondamental pour assurer le confort visuel et le bien-être. Dans ce chapitre, nous allons définir les concepts liés à la lumière naturelle, le confort visuel et l'ambiance lumineuse, dans les espaces architecturaux intérieurs.

1. Définition de la lumière naturelle :

Les architectes se sont fortement intéressés à la lumière naturelle et la considèrent comme un matériau de base, dans leurs conceptions architecturales et l'utilisent pour créer des espaces agréables, cohérents, et en relation directe avec l'extérieur. Ceci a été mis en évidence par le corbusier qui affirmait : "L'architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière" et : "Les éléments architecturaux sont la lumière et l'ombre, le mur et l'espace".⁸

Louis Kahn considère la lumière comme vecteur du processus de création, il a dit : « Je perçois la lumière comme source de toutes présences ». Pour lui le projet architectural doit être lu comme une harmonie d'espaces sous la lumière.⁹

Selon le dictionnaire Larousse : « Rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde, comprise entre 400 et 780 nm, correspond à la zone de sensibilité de l'œil humain, entre l'ultraviolet et l'infrarouge »¹⁰

2. Les sources de lumière naturelle :

Il existe deux sources, une source primaire le soleil (rayonnement direct) et une source secondaire le ciel (rayonnement diffus). Les luminances, les éclaircissements et la répartition

⁸ (corbusier, 1924)

⁹ (Belakehal, 2007) cité par Selma BENDEKKICHE)

¹⁰ (le dictionnaire Larousse)

spectrale varient dans la journée en fonction de la position du soleil, mais également de type de ciel. ¹¹

2.1 Source primaire, le soleil :

La source primaire transforme une énergie en rayonnement lumineux, c'est-à-dire, c'est elle qui produit la lumière qu'elle émet.

Selon Madame Rouag (2001) « *la partie de l'irradiation solaire qui atteint la surface terrestre sous forme de rayons parallèles et qui résulte d'une atténuation sélective par l'atmosphère* » ¹²

2.2 Source secondaire, le ciel :

La source secondaire ne produit pas de la lumière, elle a pour rôle de recevoir le rayonnement et de le modifier par réflexion, par transmission ou par absorption le rayonnement.

Pour appréhender l'éclairement quatre type de ciel ont été étudié qui sont : **I) Ciel uniforme ; II) Ciel standardisé couvert, III) Ciel clair, IV) Ciel clair avec soleil.**¹³ les explications relatives à ce type sont expliqué dans la figure.

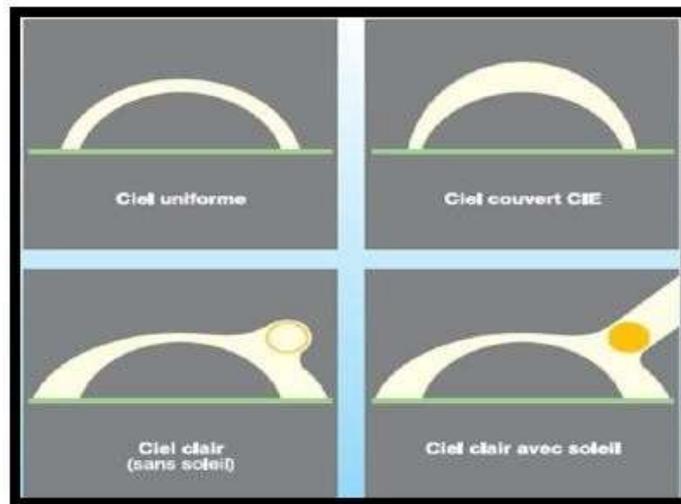


Figure 1: Les différents types de ciel. Source : (A. De Herde, 2005), « traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique

¹¹ (l'ARENE, 2014)

¹² (Rouag, 2001)

¹³ (De Herde, 2005)

3. Les grandeurs photométriques :

Ces définitions ont été repérées de livre «*L'éclairage naturel des bâtiments* » de monsieur A. De Herde, écrit par S. Reiter, éditeur PRESSES UNIVERSITAIRES DE LOUVAIN, édité en 2004 :¹⁴

3.1 La photométrie : la photométrie est relative à la perception de l'œil humain, elle permet des mesures du rayonnement visible et une évaluation quantitative de la performance de l'éclairage. La photométrie traite les données de la même façon que la physique.

Ses principales notions relatives sont : l'intensité, le flux lumineux, l'éclairement et la luminance

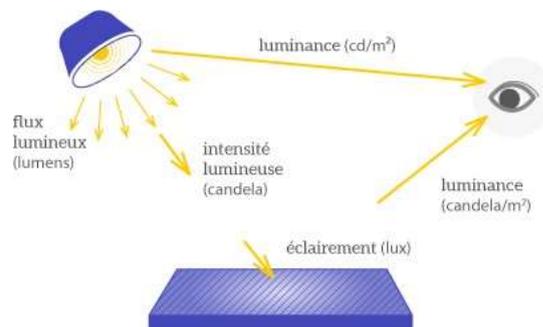


Figure 02 : les quatre notions de la photométrie. Source : <http://leclairage.fr/th-photometrie/>

3.1.1 Flux lumineux :

Le flux lumineux d'une source est l'évaluation, selon la sensibilité de l'oeil, de la quantité globale de lumière rayonné dans toutes les directions de l'espace par cette source. L'unité de mesure est le lumen (Im).

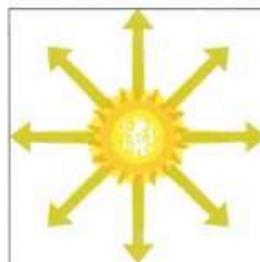


Figure 03 : le flux lumineux, Source : S.Reiter., & A.De Herde, (2004). *L'éclairage naturel des bâtiments*. Presses univ. de Louvain.

¹⁴ (A. De Herde, 2004)

3.1.2 L'intensité lumineuse :

L'intensité lumineuse est le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée. Elle se mesure en candela (cd). En photométrie, l'intensité lumineuse est une mesure de l'éclat perçu par l'œil humain d'une source lumineuse. Une source lumineuse ayant la même intensité lumineuse dans toutes les directions est dite à répartition isotrope. Son intensité lumineuse peut donc être calculée avec exactitude.

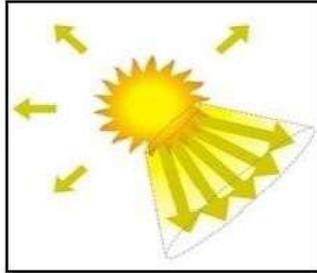


Figure 04 : l'intensité lumineuse, Source : S.Reiter., & A.De Herde, (2004). L'éclairage naturel des bâtiments. Presses univ. de Louvain.

3.1.3 L'éclairement :

L'éclairement d'une surface est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface. Son unité est le lux, équivalent à $1\text{lm}/\text{m}^2$, Il correspond à un flux lumineux de 1 lumen (lm) couvrant uniformément une surface de 1 mètre carré (m^2). L'éclairement dépend de l'intensité de la source lumineuse, de la distance entre la source et la surface éclairée et de son inclinaison par rapport aux rayons lumineux. L'éclairement caractérise donc la quantité de lumière reçue par une surface. L'échelle des niveaux d'éclairement disponibles naturellement est très étendue : elle varie de 0,2 à 100 000 lx.

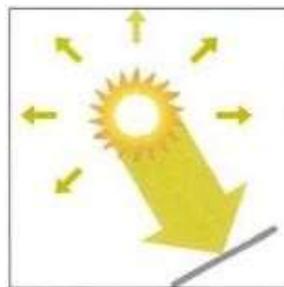


Figure 05 : l'éclairement, Source : S.Reiter, & A.De Herde, (2004). L'éclairage naturel des bâtiments. Presses univ. de Louvain.

Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs d'éclairement d'une surface horizontale extérieure :

Source lumineuse	Eclairement (Ix)
Plein lune	0.2
Ciel couvert	5000 à 20 000
Ciel clair sans soleil	7000 à 24 000
Plein soleil d'été	100 000

Tableau 01: L'éclairement des sources lumineuses, Source: S.Reiter, & A.De Herde, (2004). L'éclairage naturel des bâtiments. Presses univ. de Louvain.

3.1.4 La luminance :

La luminance est le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de la source lumineuse dans la direction considérée. Elle permet de quantifier l'impression lumineuse perçue par un observateur qui regarde une source de lumière. Elle s'exprime en cd / m^2 . La luminance est la seule grandeur photométrique réellement perçue par l'oeil humain et elle ne dépend pas de la distance d'observation.

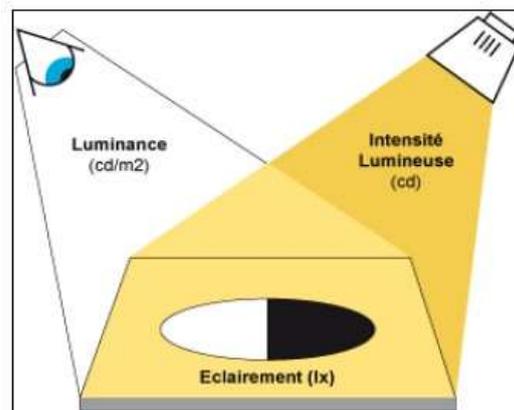


Figure 06 : La luminance, Source: <http://michel-vause.infographie-heaj.eu>

3.1.5 Le facteur de lumière du jour (FLJ)

Le facteur de lumière du jour est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point d'un plan de référence (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé. Ces deux valeurs d'éclairement sont dues à la lumière reçue d'un même ciel dont la répartition des luminances est supposée ou connue, la lumière solaire directe en étant exclue, Il s'exprime en % :

$[\text{FLJ} = E \text{ intérieur} / E \text{ extérieur}] (\%)$. (S.Reiter, & A.De Herde, (2004)

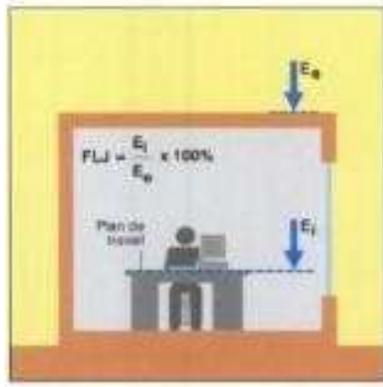


Figure 07 : le facteur de lumière de jour, Source : S.Reiter, & A.De Herde, (2004). L'éclairage naturel des bâtiments. Presses univ. de Louvain.

4. Les stratégies de la lumière naturelle :

La stratégie de l'éclairage naturel vise à mieux capter et faire transmettre la lumière naturelle, puis la distribuer et la focaliser. Et pour éviter les perturbations visuelles il faut bien gérer la quantité de lumière naturelle. L'utilisation intelligente de cette dernière permet de réduire la consommation d'énergie des bâtiments.

« La stratégie de la lumière naturelle est l'étude de la relation entre la lumière naturelle et le bâtiment selon cinq concepts destinés à favoriser la meilleure utilisation possible de la lumière naturel. »¹⁵

4.1 Capter la lumière naturelle.

4.2 Transmettre la lumière naturelle.

4.3 Distribuer la lumière naturelle.

4.4 Se protéger de la lumière naturelle.

4.5 Contrôler la lumière naturelle,

5. Les types de l'éclairage naturel :

Il existe deux types de l'éclairage naturel, l'éclairage latéral et l'éclairage zénithal.

On parle de l'éclairage latéral lorsque les ouvertures sont placées en façades, et lorsqu'elles sont placées en toiture, on parle de l'éclairage zénithal.

Dans notre mémoire de recherche, on s'intéresse au type d'éclairage latéral car il est le type d'éclairage naturel le plus utilisé et le plus ancien dans le monde notamment en Algérie.

¹⁵ (A. De Herde, 2004)

Et d'après (DELETRE, J, J., 2003) l'éclairage latéral est l'un des plus utilisés dans les bâtiments, notamment dans les constructions scolaires, pour des raisons pratiques mais aussi parce qu'il permet la vue vers l'extérieur pour garantir un bien être psychologique des étudiants.¹⁶

5.1 Eclairage latéral :

Dans ce type d'éclairage la prise de la lumière de jour se fait en façade, selon C. TERRIER et B. VANDEVYVER³³, ce type d'éclairage est utilisé dans les locaux à faible hauteur sous plafond de 2,50 mètres à 3 mètres.¹⁷ . Il répond également à trois besoins fondamentaux : la lumière, la vue et la ventilation.

5.1.1 L'éclairage unilatéral :

Il s'agit d'un éclairage fourni par une ou plusieurs ouvertures disposées verticalement sur une même façade d'une orientation donnée, l'inconvénient de ce type d'éclairage est la possibilité de réalisation des effets de relief , des contrastes , d'ombres gênants, ainsi l'éclairage intérieur résultant est très peu uniforme et insuffisant au fond du local, et cela est dû au rapport entre la profondeur du local et la hauteur de l'ouverture.

L'éclairage unilatéral est le plus préféré pour les artistes peintres et sculpteurs car il donne une idée exacte de la forme des objets, et l'absence des jeux d'ombre et de lumière changeante.¹⁸

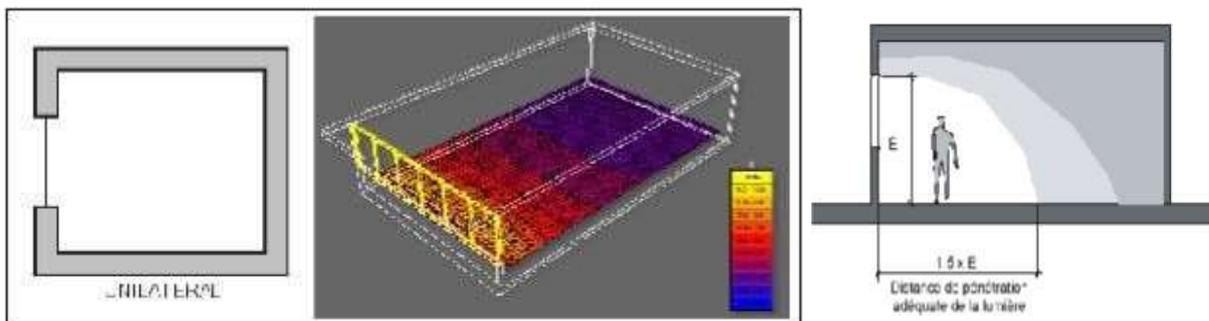


Figure 08: Performances lumineuses d'un dispositif d'éclairage unilatéral. Source : K, ROBERTSON., 2003.

¹⁶ (Matallah, 2016)

¹⁷ (Terrier C, 1999)

¹⁸ (Arnould, 1895)

5.1.2 Eclairage bilatéral :

Il s'agit d'un éclairage qui consiste à avoir des ouvertures verticales sur deux parois, qu'elles soient parallèles, ou perpendiculaires, d'un même local.¹⁹

C'est le type d'éclairage le plus utilisé dans les établissements scolaires notamment dans les salles de classe vu les bienfaits qui l'offre, Il est plus uniforme, il fournit moins de contraste et moins d'éblouissement.

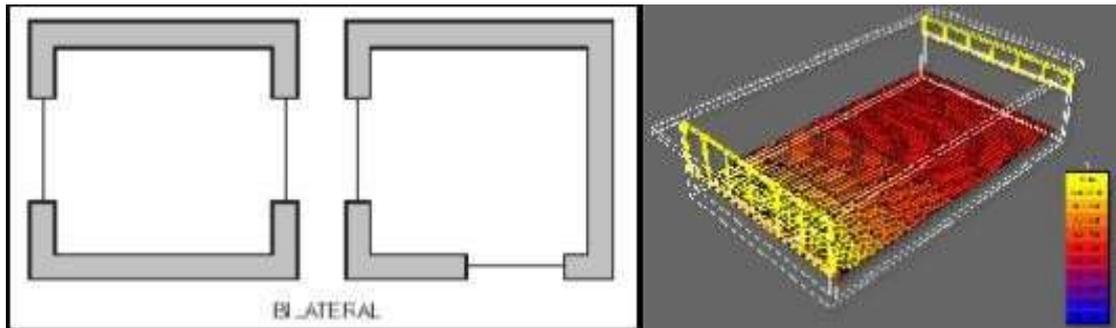


Figure 09 : Dispositifs d'éclairage bilatéral et ses performances lumineuses. Source: I. PASINI, 2002.

5.1.3 Eclairage multilatéral:

C'est l'éclairage qu'on trouve généralement dans les espaces qui nécessitent un éclairage très uniforme et aussi dans les bâtiments profonds.

L'éclairage multilatéral présente de nombreux avantages, notamment:

- Favoriser la ventilation naturelle transversale des pièces en la doublant ou en la triplant.
- Les ouvertures réduisent les ombres denses et augmentent les contrastes à l'intérieur des pièces.
- Les ouvertures réduisent le risque d'éblouissement du ciel en augmentant l'éclairage des murs de fenestration.

Mais il présente également des contraintes, tel que :

- L'augmentation des risques de surchauffe en période estivale.
- les déperditions de chaleur en période hivernale.²⁰

¹⁹ (PASINI, 2002)

²⁰ (Matallah, 2016)

6. Les Paramètres qui influencent l'éclairage latéral:

6.1 L'influence de l'orientation de l'ouverture latérale:

L'orientation joue un rôle très important selon le guide bio tech de l'éclairage naturel, voici quelque constat :

Au nord : Les ouvertures orientées au nord offrent un niveau d'éclairage et température de couleur plus faible par rapport aux autres orientations, et une faible pénétration de rayonnement solaire direct.

Au sud : Les ouvertures orientées au sud offrent une lumière plus facile à gérer, captent un maximum de rayons solaires en hiver où le soleil est plus bas qui pénètre profondément dans un local. Contrairement en été où le soleil est plus haut, elles captent un minimum de rayons solaires, et la pénétration de ces derniers est moins profonde.

« L'orientation Sud est la meilleure pour respecter le confort d'été et récupérer les apports solaires gratuits l'hiver. »²¹

A l'est : Les ouvertures orientées vers l'Est bénéficient des rayonnements solaires important le matin qui sont bas sur l'horizon, donc il est difficile de contrôler la lumière naturelle entrante. En hiver l'exposition solaire est faible par contre en été, elle est supérieure à l'orientation Sud.

A l'ouest : En été, les ouvertures orientées à l'ouest peuvent provoquer une gêne visuelle due à l'éblouissement et à la surexposition. Ils fournissent beaucoup de chaleur le matin et sont directement exposé au soleil l'après-midi d'été, ce qui peut entraîner une surchauffe qui est difficile à contrôler.

Il est donc important de tenir attentivement compte de l'orientation d'un bâtiment pour déterminer la surface des percements des différentes façades. ²²

²¹ (Labreche, 2013)

²² (Labreche, 2013)

6.2 L'influence de la position de l'ouverture latérale:

Selon l'étude de CADIERGUES, la Position des ouvertures latérales dans un mur a une grande influence sur la pénétration de la lumière dans le local. Lorsque les ouvertures sont plus élevées, le fond du local est mieux éclairé. ²³

Dans la figure, les ouvertures horizontales ont la même superficie et placée à trois hauteurs différentes. On voit que l'ouverture placée le plus haut apporte plus de lumière naturelle par rapport aux deux autres ouvertures, car la luminance du ciel croît de plus en plus de l'horizon au zénith, augmentant alors la composante directe du facteur de lumière du jour à l'intérieur du local. ²⁴

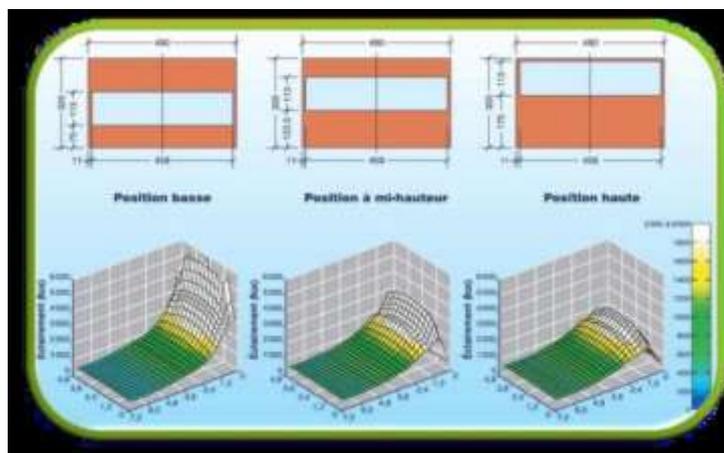


Figure 10: Performance lumineuse des ouvertures latérales en fonction de leur position, le 15 juin à 13 heures universelles sous un ciel clair. Source : A. DE HERDE, et A. LIEBARD, 2005.

6.3 L'influence de la forme de l'ouverture latérale:

La forme de la fenêtre influence directement le niveau et l'uniformité d'éclairage. Une ouverture horizontale offre une grande quantité de lumière de jour par rapport à une ouverture verticale car elle couvre une partie de ciel plus grande. Et c'est la même chose pour une ouverture oblique qui offre une quantité de lumière plus importante qu'une ouverture verticale. ²⁵

Dans la figure, les ouvertures ont la même superficie et sont situées au même niveau par rapport au sol. On voit bien que la moyenne des éclairages varie peu, mais la répartition de la lumière dans la partie du local avoisinant les fenêtres est différente ²⁶

²³ (comité national belge, 1964)

²⁴ (Matallah, 2016)

²⁵ (DAICH, 2011)

²⁶ (Matallah, 2016)

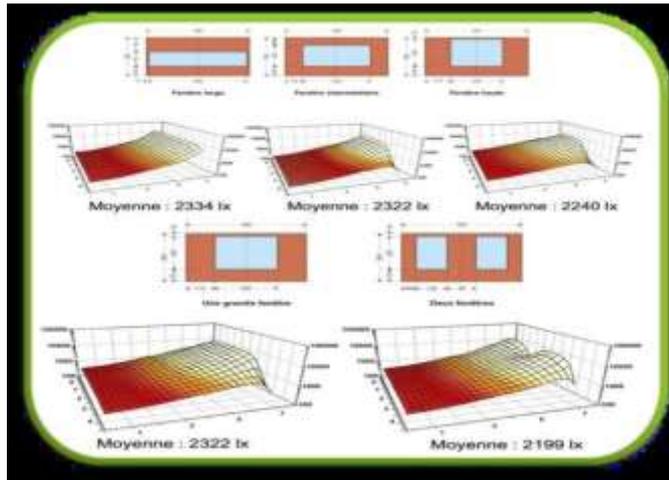


Figure 11 : Influence de la forme de l'ouverture sur l'éclairage moyen. Source : BODART, M., 2002.

6.4 L'influence du dimensionnement de l'ouverture latérale:

La taille des ouvertures d'un locale, en général, a une relation directe avec l'efficacité lumineuse, elle détermine la quantité de la lumière naturelle entrante. Plus l'ouverture n'est grande, l'éclairage augmente et donc le local est mieux éclairé. Dans la figure, on voit clairement qu'avec l'augmentation de la surface vitrée, l'éclairage augmente.

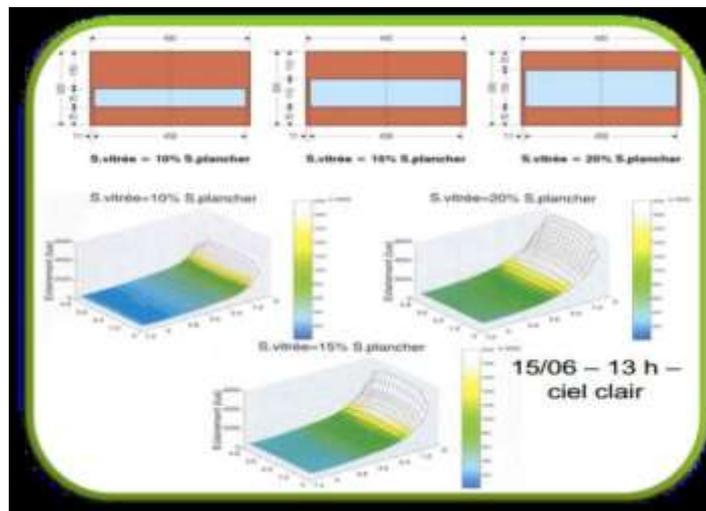


Figure 12 : L'éclairage d'un espace relatif selon la taille de la fenêtre. Source : BODART.M.,2002.

6.5 L'influence de la profondeur de local :

L'éclairage sera insuffisant dans un locale, lorsque la profondeur de ce dernier est dépasser le double de la hauteur du sol au linteau de la fenêtre. C'est ce qu'on appelle la règle du pouce.²⁷

²⁷ (Saffidine, D., 2006).

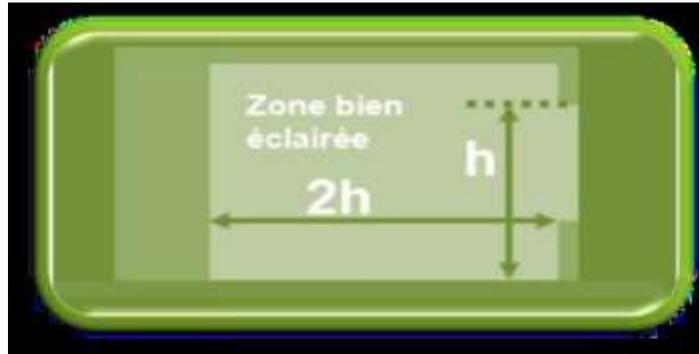


Figure 13 : La règle de pouce. Source : Saffidine, D., 2006.

II. Confort visuel :

2. Définition du « confort visuel »

D'après le Syndicat de l'Éclairage de France, le *confort visuel* fait référence aux

« Conditions d'éclairage nécessaires pour accomplir une tâche visuelle déterminée sans entraîner de gêne pour l'œil». ²⁸

Comme le décrit aussi MUDRI « *le terme de confort visuel est pris pour indiquer l'absence de gêne qui pourrait provoquer une difficulté, une peine et une tension psychologique, quel que soit le degré de cette tension* » ²⁹

Le confort visuel est une sensation de satisfaction et de bien-être par rapport à l'ambiance lumineuse naturelle ou artificielle fournie dans un local et permettant d'effectuer les tâches qui s'y déroulent normalement. ³⁰

1. les paramètres du confort visuel :

Les paramètres du confort visuel sont nombreux, après avoir fait plusieurs lecture nous comptons les résumés comme suit : ³¹

1. Un niveau d'éclairement suffisant.
2. Une répartition harmonieuse de la lumière.
3. L'absence d'éblouissement.

²⁸(Syndicat de l'éclairage « L'éclairage et le confort visuel ». Paris)

²⁹ (MUDRI, 2002.)

³⁰ (Bodart, 2013)

³¹ (HETZEL., 2003)

4. L'absence d'ombre gênante.
5. Un rendu de couleur correct.
6. Une teinte de lumière agréable

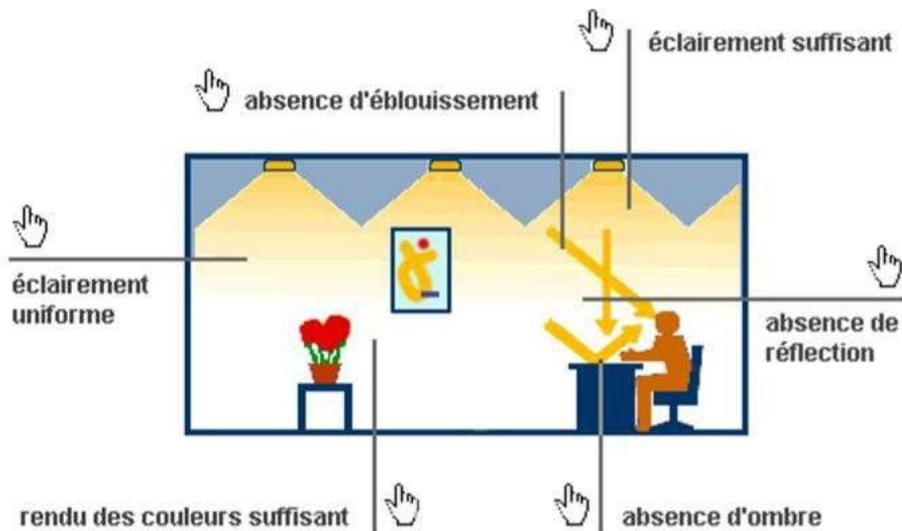


Figure 14 : condition d'obtention du confort visuel dans une salle de cour, Source : A.D.E &al. [www-energie.arch.ucl.ac.be]

3.1 Le niveau de l'éclairage :

La quantité de lumière est caractérisée par le niveau d'éclairage exprimé en lux (lx). 20 lux représentent le seuil de perception; les autres valeurs usuelles (et recommandées dans les normes) sont généralement séparées par un facteur approximatif de 1.5 et représentant la plus petite différence significative entre deux niveaux d'éclairage.³²

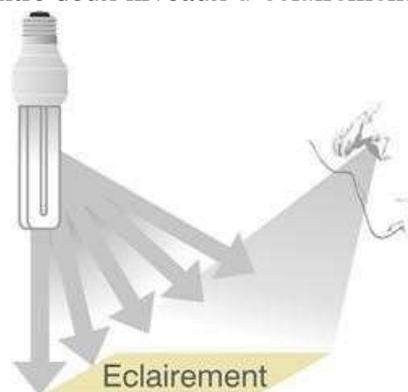


Figure 15 : L'éclairage, Source : <https://www.energiepluslesite.be/index.ph>

Les établissements scolaires plus particulièrement les salles de classe doivent bénéficier d'un niveau d'éclairage adéquat pour l'exécution des tâches visuelles qui s'y accomplissent. Le

³² (energie plus, s.d.)

niveau d'éclairage généralement défère en fonction de l'espace et les activités qui se déroulent dans cet espace.

Les valeurs de l'éclairage en (lux) recommandées dans le tableau ci-dessous sont fondées sur les expériences réalisées dans la pratique et sont valables d'une manière générale. Les valeurs pour les tâches et les activités spécifiques sont définies dans les directives de l'Union Suisse pour la Lumière



Figure 16: Valeurs de l'éclairage requises pour un éclairage nominal dans les locaux de travail, Source : La CUSSTR

3.2 La répartition lumineuse et l'uniformité :

Si le niveau d'éclairage et la luminance varient dans le champ visuel, une adaptation de l'œil est nécessaire lorsque le regard se déplace.

Durant ce moment, l'acuité visuelle est diminuée, entraînant des fatigues inutiles³³

3.3 L'éblouissement :

L'éblouissement est une sensation de gêne et d'inconfort visuel, qui peut occasionner une perte momentanée ou durable de tout ou partie de la vision.

De Herde dit que « *L'éblouissement résulte de conditions de vision dans lesquelles l'individu est moins apte à percevoir les objets, suite à des luminances ou à des contrastes de luminance excessif dans l'espace et dans le temps* ». ³⁴

En éclairage naturel, l'éblouissement peut être provoqué par la vue directe du soleil, par une luminance excessive du ciel vu par les fenêtres ou par des parois réfléchissant trop fortement

³³ (energie plus, s.d.)

³⁴ (A. De Herde, 2004)

le rayonnement solaire et provoquant des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines.

Il existe cependant quatre types d'éblouissement qui sont :

Eblouissement direct :

Eblouissement indirect :

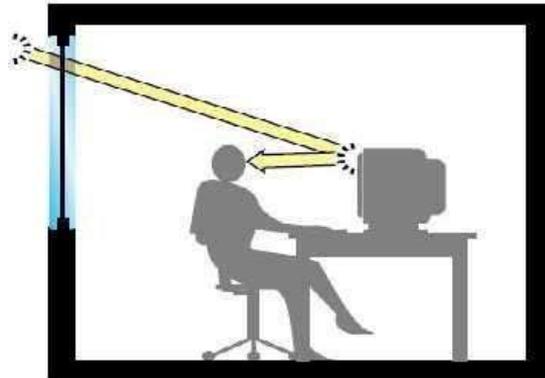


Figure 17 : éblouissement par réflexion, source : (<http://www.hqe.guidenr.fr/cible-Lumiere.php>)

L'éblouissement perturbateur :

L'éblouissement inconfortable :

3.4 L'ombre gênante :

Les ombres qui sont créées par la présence d'un élément entre la tâche visuelle et la source lumineuse risquent de perturber l'exécution des tâches visuelles. Il faut donc éviter les situations suivantes :

- un éclairage latéral venant de droite pour les droitiers
- un éclairage latéral venant de gauche pour les gauchers
- un éclairage provenant du dos des occupants

La présence d'ombres sur le plan de travail en classe, perturbe la lecture et l'écriture et risque de conduire à une mauvaise position de travail. DE HERDE avance que : « *une pénétration latérale de la lumière naturelle satisfait généralement la perception tridimensionnelle du relief des objets et de leur couleur, grâce à sa direction alité et à sa composition spectrale* »

Afin de réduire les risques d'ombre gênante dans les salles de cours disposant d'un système d'éclairage unilatéral. ³⁵

³⁵ (DE HERDE)

3.5 Rendu de couleur correct :

Toute source lumineuse, qu'elle soit naturelle ou artificielle, présente un spectre lumineux qui lui est particulier. La lumière naturelle présente un spectre visible de forme continue. Le mélange des diverses radiations qui constituent ce spectre, forme par définition, la lumière dite « blanche ». C'est la seule qui permet à l'œil d'apprécier avec la plus grande exactitude, la couleur des objets et les plus délicates de leurs nuances.³⁶

Le système visuel regroupe ces différentes radiations réfléchies et donne une sensation de couleur. La couleur ainsi perçue est donc intimement dépendante du spectre lumineux émis, c'est-à-dire de « l'indice de rendu de couleur ».

La Commission Internationale de l'Eclairage CIE (MILLER, François, www.sdv.fr) a défini un indice général de rendu des couleurs dont la valeur maximale est de 100, correspondant à l'indice de rendu de couleur de la lumière naturelle

3.6 Teinte de lumière :

Les radiations colorées émises par les objets peuvent produire certains effets psychophysiologiques sur le système nerveux. C'est ainsi que les couleurs de grandes longueurs d'onde (rouge, orange) ont un effet stimulant, tandis que celles de courtes longueurs d'onde (bleu, violet) ont un effet calmant. Les couleurs intermédiaires (jaune, vert) ont, de même que le blanc, un effet tonique et favorable à la concentration. Elles sont donc très recommandées dans les salles de cours. Par contre, les couleurs foncées et le gris ont une action déprimante

Ces différentes teintes de lumière sont désignées par un facteur dit « température de couleur » qui est défini par la C.I.E comme étant « la couleur apparente de la lumière fournie par une source ».

Elle est exprimée en degré KELVIN et permet de classer les lampes en :

- blanc " teinte chaude " lorsque $T_c < 3300 \text{ }^\circ \text{ K}$.
- blanc " intermédiaire " lorsque T_c entre 3300 ° et $5000 \text{ }^\circ \text{ K}$.
- blanc " teinte froide " lorsque $T_c > 5000 \text{ }^\circ \text{ K}$.

³⁶ (DE HERDE)

- En sachant que la lumière naturelle est caractérisée par une température de couleur égale à 5000°K.³⁷

III. Les ambiances lumineuses :

1. Définition de l'ambiance lumineuse :

L'ambiance est un phénomène subjectif, et cela dépend des sentiments de chacun. Il est composé de trois (03) éléments : la lumière, les objets architecturaux et les utilisateurs. Lorsque ses éléments se rassemblent, nous parlons d'une ambiance qui représente la luminescence. La lumière ambiante fait référence à la manière dont divers aspects de l'environnement lumineux affectent le sujet.³⁸

Narboni le définit comme « le résultat de l'interaction entre une ou plusieurs lumières, individus, espaces et usages ».³⁹

Ainsi, Jean-Jacques définit une ambiance lumineuse comme un lieu appréhendé dans la perspective d'une immersion de l'état de conscience du sujet. À un certain moment, dans un espace architectural, la lumière s'interfère et circule autour de lui. " (Jean-Jacques)

2. Les types d'une ambiance lumineuse :

Selon la luminosité de l'espace, l'ambiance lumineuse est divisée en trois catégories :

2.1 Catégorie 1 : La pénombre représente la relation entre une ombre et la lumière qui la pénètre à certains endroits. (Galas, 2009). La pénombre en architecture se concentre sur l'esthétique plutôt que sur la technologie et les services environnementaux.⁴⁰

2.2 Catégorie 2 : L'ambiance luminescente «*est l'omniprésence de la lumière qui tend à disparaître parce qu'elle est partout.* »⁴¹

2.3 Catégorie 3 : L'ambiance inondée : «*c'est une exaltation de la lumière qui embrasse tout l'espace trop plein d'une lumière envahissante et parfois écrasante.*

³⁷ (Chemsazemmouri, 2009)

³⁸ (Arene, (1998))

³⁹ (Chaabouni, 2011)

⁴⁰ (DAICH, 2011)

⁴¹ (A. De Herde, 2004)

Toutefois, chacun de ces types d'ambiances recouvre une grande variété de manière d'admettre la lumière et une multitude de qualité de lumière ».⁴²

3. Les paramètres qui influent sur les ambiances lumineuses :

Selon DAICH en 2011, les paramètres qui influent sur les ambiances lumineuses sont ⁴³:

3.1 la forme et la dimension de la pièce :

La lumière naturelle est vive et directe dans une pièce fermée et se diffuse dans une pièce ouverte. Si on éclaire seulement les murs de la pièce, on rendra la géométrie de la pièce évidente, et l'ambiance sera limitée par ces murs lumineux, et plus ils sont illuminés, plus ils ont l'air C'est plus grand que le mur sombre. Par contre, dans l'obscurité, parce qu'il n'y a pas de reflet de lumière, la limite de la pièce disparaît. Si nous éclairons légèrement le mur, nous pouvons rendre clairement visibles les proportions et la géométrie de la pièce. En fait, la surface éclairée semble plus grande que la surface sombre, et la lumière affectera également la proportion de l'espace. La proportion de la pièce sera affectée par la lumière sur le mur.

3.2 La structure :

La structure a une influence décisive sur les caractéristiques de l'ambiance lumineuse. Lorsque nous choisissons la structure, nous déterminons la lumière du bâtiment ou de l'espace. La relation entre la structure et la lumière semble évidente. Mais parfois elle révélera l'importance de la structure. Plusieurs projets ont été conçus avec l'idée de traiter la structure comme un élément de lumière naturelle.

3.3 Les matériaux :

La perception des matériaux constitutifs de l'objet est différente, qui dépend entièrement de position de l'observateur, et l'orientation de la lumière.

Khan dit que : « la lumière est la révolution de l'esprit de la matière » (Louis Kahn, 2016). la lumière est comme un matériau excellent, mais les matériaux de construction sont la clé afin de comprendre le comportement de la lumière car ils peuvent affecter directement les aspects de la lumière : la quantité, la qualité, l'orientation, etc.,

Les matériaux ont deux propriétés pour étudier la lumière : leurs finitions et leurs couleurs. La combinaison de ces paramètres produira des changements environnementaux qui répondent

⁴² (A. De Herde, 2004)

⁴³ (DAICH, 2011)

aux besoins de concepteur et/ou l'occupant de l'espace à chaque fois, cela est dû au rôle capital joué par la lumière naturelle, qui va mettre en valeur la texture et la couleur du matériau selon son intensité, son angle d'incidence, sa couleur et sa qualité.

3.4 Les couleurs :

La couleur a un impact énorme sur la sensation d'espace et sur l'environnement lumineux. Un impact sur l'état psychophysiologique des occupants d'espace et sur leurs système nerveux, car elle affecte directement l'ambiance vécu. Par conséquent, les couleurs à longueur d'onde longue (rouge et orange) ont un effet encourageant, tandis que les couleurs à longueur d'onde courte (bleu et violet) ont un effet calmant, les couleurs intermédiaires (jaune et le vert) ont le même effet énergisant qui favorise la concentration. En revanche, les couleurs sombres comme la noire et le gris ont un effet frustrant. La couleur permet de modifier les dimensions d'une pièce, d'un volume.

Conclusion :

Ce premier chapitre théorique est devisé en trois parties, chaque partie représente un concept, à savoir la lumière naturelle, le confort visuel et l'ambiance lumineuse.

D'abord nous avons défini les notions de base de la lumière naturelle, ses sources, son importance en architecture et tous ce qui l'influence. Ensuite, nous nous sommes concentrés sur le confort visuel, ses paramètres et ses critères, après nous avons traité l'ambiance lumineuse, ses catégories et les paramètres qui ont une influence sur eux. Et nous avons conclu que la lumière naturelle est un élément qui précise la richesse des ambiances lumineuses à l'intérieur des bâtiments, Elle est également un facteur fondamentale de confort visuel, qui contribue au bien-être psychologique et physiologique de l'homme.

Plusieurs recherches ont démontré que la lumière naturelle peut influencer positivement ou négativement, sur la capacité de concentration et le rendement des élèves dans les espaces éducatifs. Ce que nous allons élaborer dans le deuxième chapitre.

Chapitre II :

Les établissements scolaires

Introduction :

L'établissement scolaire est un bâtiment dédié à l'éducation qu'est la base d'une société, elle joue un rôle capital dans le développement des individus. La personnalité d'un individu décolle aussi de l'éducation

Les conditions de vie scolaire est un facteur primordiale qui détermine la réussite scolaire. Donc les bâtiments scolaires doivent être conçus d'une bonne qualité et en fonction des exigences de confort notamment le confort visuelle afin de contribuer à l'amélioration des résultats scolaires.

Dans ce qui suit, nous allons aborder le thème de l'architecture scolaire dans sa dimension globale, nous essayerons de présenter son histoire, ses différentes formes et son évolution spatiale. En plus, nous allons parler sur l'importance de la lumière naturelle et le confort visuel dans les espaces éducatifs précisément les salles de classes et leurs impacts sur les performances intellectuelles des élèves.

1. Définition de l'établissement scolaire :

« L'établissement scolaire est l'ensemble des locaux où se donne un enseignement (école, collège ou lycée)»⁴⁴

L'établissement scolaire est un bâtiment public que l'on rencontre le plus fréquemment dans les milieux urbain et rural. C'est un lieu où l'élève vit une des premières appréhensions de l'espace construit en dehors de son lieu d'habitation.⁴⁵

2. Histoire de l'architecture scolaire :

Tout au long de l'histoire, il n'y avait pas des espaces réservé pour l'éducation, jusqu'au XIX siècle, l'enseignement se déroule dans les espaces ou se trouve le maitre. Avec l'évolution des méthodes pédagogiques, l'architecture des établissements scolaires fait avancer, cette évolution est classée en plusieurs périodes : ⁴⁶

Dans l'antiquité :

Avant 1830, les espaces d'enseignement n'existent pas, ils faisaient souvent partie des lieux spirituels. Dans les sociétés musulmanes, l'enseignement se pratiqué dans les mosquées

⁴⁴ (Le dictionnaire LAROUSSE.)

⁴⁵ (TABOUCHE, 2010)

⁴⁶ (TABOUCHE, 2010)

particulièrement au niveau des zaouïas. En Europe, l'enseignement était déroulé dans les monastères ou dans les couvents. De 1830 jusqu'à 1850, dans cette période l'idée de création des écoles publics apparait, on passe peut a peu de la notion de « chambre » à celle de « la maison d'école » qui considéré comme des logements des maitres et des salles.

Au XIX siècle :

Les systèmes d'enseignement sont mis en place, jusqu'au nos jours. Les débuts des espaces éducatifs marqués par la gratuité, laïcité, et l'obligation scolaire, ils répondaient aux besoins des enfants de peuples, hygiène, éducation, discipline...

Au XX siècle :

C'est le grand mouvement des écoles nouvelles et du constructivisme, les concepteurs des espaces éducatifs se sont intéressés par la qualité de l'architecture scolaire, les classes s'ouvrent sur la nature avec des terrasses, des cours à l'intérieur avec un théâtre en plein air.

En 1960, a cause de la croissance démographique importante dans plusieurs pays, ces derniers ont eu recours à la standardisation des conceptions scolaires, qui sont légère, économique et facile à construire pour répondre à ces exigences, négligeant de ce fait la qualité architectural et l'aspect des bâtiments.

Après 1960 à nos jours :

Avec la naissance de développement durable, les concepteurs des espaces éducatifs ont commencé à être attentifs à l'environnement, et ils font des conceptions scolaire écologiques et d'adapter l'architecture aux pédagogies et à l'usage des technologies. Réfléchir à la question de la lumière, de confort acoustique, de confort thermique et de la sécurité.

Les établissement scolaire d'aujourd'hui deviennent à usage multiple, sont des lieux de vie, de formation, et d'échange. Les éléments les plus importantes de l'architecture scolaire sont La flexibilité et la souplesse d'utilisation.

3. EVOLUTION SPATIALE DE L'ETABLISSEMENT SCOLAIRE

Depuis l'émergence de bâtiments scolaires, la conception des espaces éducatifs n'a cessé d'évoluer afin de mieux s'adapter aux nouvelles exigences de la société en constante évaluation social, culturel et technologique.

Dès le début du 20^{ème} siècle, les établissements scolaires de plein air ont fait leur apparition dans les pays industrialisés, pour créer une ambiance stimulante, bénéfique à la santé et aux apprentissages. Ces constructions allient air et la lumière pour favoriser le développement physique et intellectuel des enfants.⁴⁷

Pendant les deux guerres mondiales, l'architecture des bâtiments éducatifs est devenue sobre et pratique. Cette période, marque le début de la conception des écoles en longue barre et l'école pavillonnaire. L'idée de ce dernier est de créer une ambiance familiale propice à l'éblouissement des enfants. Le pavillon mène à une aire de jeux séparé et à une pelouse ombragée, ou les cours peuvent avoir lieu par beau temps.

Dans les années 1950, les écoles de banlieue ou les écoles divisées avec ailes, des porches et des cours couvertes étaient populaire, et les enfants allaient à l'école dans des espaces différents selon leurs âges. Pour le modèle prussien développé en Europe, il s'agit d'un regroupement de cours autour de la salle centrale pour l'enseignement public et les rassemblements. Les fenêtres de ces salles de classe donnent sur l'espace de surveillance continue.⁴⁸

Alfred Roth, un grand expert en constructions scolaires, à présenter un projet d'école modèle à trois étages avec un éclairage bilatéral et une ventilation latérale. Il a démolit les couloirs à l'étage, et construit un hall avec des escaliers entre chaque paire de salles de classe. Cette solution peut augmenter le nombre de salle de classes selon les besoins. La conception des écoles sans couloires peut deviser le nombre d'élèves en plusieurs groupes et leur réserver différents passage pour entrer dans la cour de récréation.⁴⁹

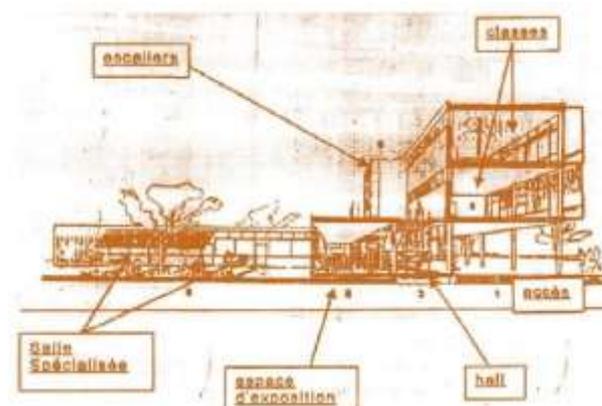


Figure. 01. Ecole primaire à Zurich en Suisse Source : ROTH Alfred (architecte concepteur) cité par (H. TABBOUCHE.2010)

⁴⁷ (FORSTER, 2006)

⁴⁸ (FORSTER, 2006)

⁴⁹ (TABBOUCHE, 2010)

Le bâtiment scolaire est devenu un « groupe scolaire » composé de plusieurs unités. Avec des performances techniques telles que le chauffage, l'éclairage artificiel et la ventilation, construction libre d'école qui ne sont pas restreintes par le volume verticale. A la fin des années 1960, c'était une période des bâtiments scolaire avec des plans variables ou des espaces ouvertes. La conception de ces bâtiments se caractérise par un espace de ressource au milieu et des cellules pour travailler tout auteur individuellement ou en groupes.⁵⁰

Dans la seconde moitié du 20ème siècle, afin de répondre à la croissance mondial de la demande d'éducation, de nombreux pays ont dû faire face à la nécessité de construire un grand nombre de nouvelles écoles ou d'augmenter l'espace éducatif sur la base des écoles existant. Le recours à des méthodes de conceptions industrialisées à l'air être la solution la plus efficace. Par conséquent, plusieurs systèmes de préfabrication rapide ont été conçus pour répondre à ces besoins urgents. Le système FYNPLAN au Danemark, COIGNET et BALLOT en France, FEAL en Italie, CROCS en Suisse, CLASP et METHOD au Royaume sont tous des exemples très courants dans le domaine des constructions scolaires durant cette période (ODDIE, 1975). Cité par (H. TABBOUCHE.2010) Pour répondre aux exigences fondamentale d'adaptabilité, de flexibilité et de simplicité de forme, deux types de construction ont été développés : un système linéaire dont la largeur dépend du contenu, et autre de type compact, pouvant combiner les deux types.

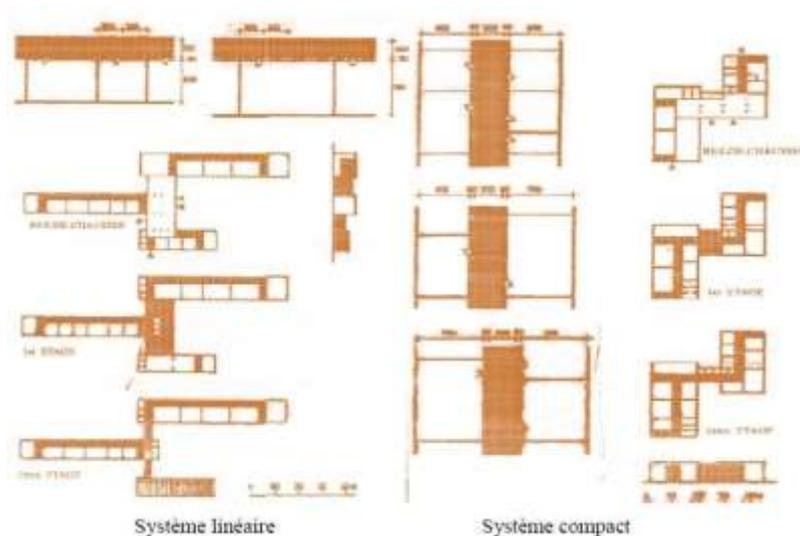
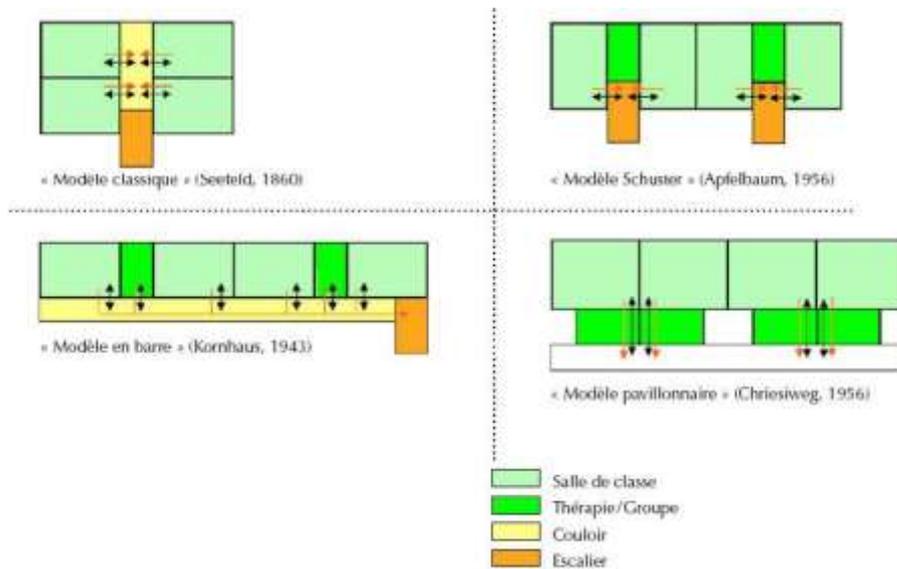


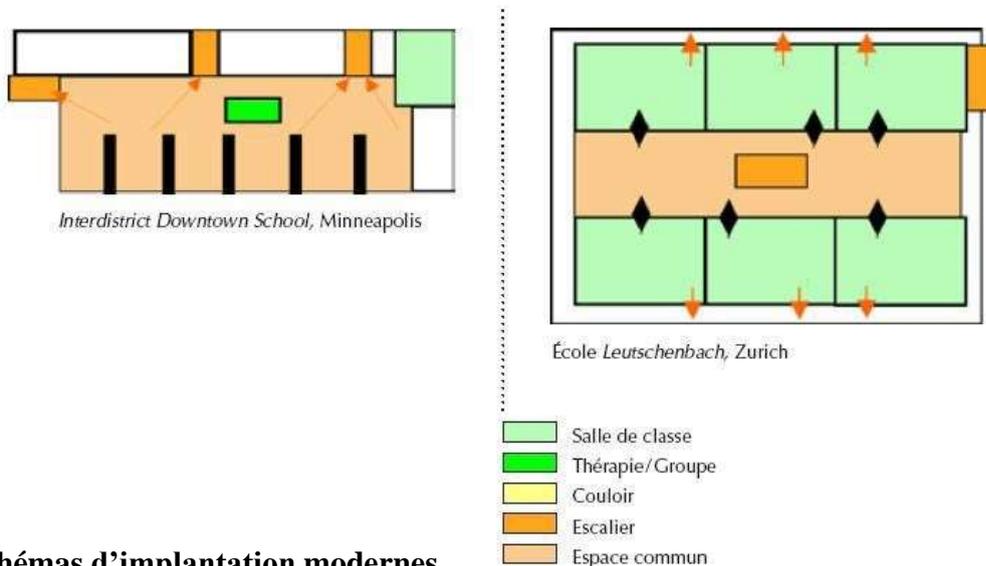
Figure. 02. Systèmes d'écoles industrialisées, Source : VAN BOGAERT, (1998) cité par (H. TABBOUCHE.2010)

⁵⁰ (TABBOUCHE, 2010)

De nos jours, l'idée de flexibilité revient dans l'architecture scolaire, mais avec l'avènement des nouvelles technologies, les manières d'apprendre et d'enseigner ont changé également. On préfère beaucoup plus les espaces modulables pour travailler individuellement ou en en évitant l'uniformité des bâtiments scolaires dans le paysage, ⁵¹



Schémas d'implantation traditionnelle



Schémas d'implantation modernes

Figure.03. Schémas d'implantation des écoles traditionnelles et modernes de Zurich(Suisse) Source : ZIEGLER Mark et KURZ Daniel cité par (H. TABBOUCHE.2010)

⁵¹ (TABBOUCHE, 2010)

4. La classification typologique en Algérie :

Il est précisé dans l'article n°81 de la loi d'orientation sur l'éducation nationale que l'enseignement est dispensé dans les établissements publics qui sont : l'école préparatoire, l'école primaire, le collège et le lycée.⁵²

- Pour les fondamentales de premier et deuxième cycles (école primaire) sont classés en 4 catégories :

École fondamentale type A (3 classes, 120 élèves)

École fondamentale type B (6 classes, 180 élèves)

École fondamentale type C (9 classes, 270 élèves)

École fondamentale type D (12 classes, 360 élèves)

- Pour les écoles fondamentales du troisième cycle (collèges), ces établissements sont classés en cinq catégories :

École fondamentale Base 3 (9 classes, 360 élèves)

École fondamentale Base 4 (12 classes, 480 élèves)

École fondamentale Base 5 (15 classes, 600 élèves)

École fondamentale Base 6 (18 classes, 720 élèves)

École fondamentale Base 7 (21 classes, 840 élèves)

- Et pour l'enseignement secondaire, il est dispensé dans trois types d'établissements :

Lycées d'enseignement général

Lycées d'enseignement technique

Lycées polyvalents (enseignement général et technique).

Qui sont classés en 03 catégories selon leurs capacités d'accueil à savoir :

Ecole fondamentale Base 800 (15 classes)

Ecole fondamentale Base 1000 (22 classes)

Ecole fondamentale Base 1000 (29 classes)

⁵² (Journal officiel, N° 04 47ème ANNEE, 2008)

5. Normes architecturales

5.1 La conception du bâtiment scolaire :

5.1.1 Implantation :

Le guide de constructions scolaires d'enseignement fondamental (GCSEF. 1982), exige que l'école soit construite dans la partie la plus peuplée de la zone en question. Le terrain d'implantation doit être constructible, libre de mitoyenneté et de servitude et éloigné des voies à grande circulation, des sources de pollution et de bruits afin de garantir les meilleures conditions de sécurité et d'hygiène.

5.1.2 Flexibilité :

La flexibilité dans les écoles concerne la possibilité d'agrandir les salles de cours, et la possibilité d'extension future de l'école. D'autre part, permettre les transformations intérieures telles que la construction ou suppression de cloisons, sans compromettre la structure du bâtiment.⁵³

5.1.3 Densité du plan de masse :

D'après le guide des constructions scolaires, il faut rechercher la concentration des locaux en vue d'obtention d'une structure ramassée sans nuire aux aspects fonctionnels, l'implantation dispersée des bâtiments n'est pas compatible ni avec l'intérêt pédagogique, ni avec le souci de l'économie.

5.1.4 Nombre de niveaux :

En agglomération urbaine, Le gabarit maximum autorisé pour des bâtiments scolaires ne doit pas comprendre plus d'un étage au-dessus du rez-de-chaussée (R+1) et cela pour des raisons de sécurité, de facilité et de bon fonctionnement. Cette hauteur n'est pas limitative, elle peut dans les zones fortement urbanisées atteindre 3 niveaux (R+2). En milieu rural, il comporte au plus un niveau.

5.1.5 Orientation :

Les locaux d'enseignement sont souvent orienté Nord-Sud. Cette disposition permet de diminuer les effets d'ensoleillement en saison chaude. Une légère variation acceptable Sud-est.

⁵³ (ministre, 1982.)

5.2 Conception de la salle de classe :

5.2.1 dimensions, circulation et volume :

Dimensions: une surface de 50 m² avec une capacité d'accueillir 40 élèves, au maximum. On compte en principe 1,25 m² par élève. Les dimensions intérieures de 7,20 m pour la largeur et de 7,20 m pour la longueur sont actuellement privilégiées. 1 w.c. pour 20 filles et 1 w.c. + 1 urinoir pour 40 garçons.

Circulation: pour faciliter la circulation des élèves devant les classes, et les protéger contre les intempéries (soleil et pluie), une galerie couverte est indispensable, placée devant la façade principale. Cette galerie équipée d'une rampe pour les personnes à mobilité réduite (PMR)

Volume: La hauteur libre plancher-plafond est de 3,00 m au minimum. La classe offre en effet un volume de 186,62 m³ pour 40 élèves et un enseignant soit un volume d'air de 4,55 m³ par individu

5.2.2 Ouvertures :

Les portes : l'entrée de la salle de cours se situera de préférence du côté du tableau, la porte doit être pleine avec un seul vantail (2mx 0.9m), s'ouvrant vers l'extérieur.

Les fenêtres : La surface des baies vitrées est estimée de 10% à 15% de la surface du plancher selon les zones climatiques. Toutes les fenêtres et leurs impostes doivent être ouvrantes. Il est recommandé d'opter pour un éclairage bilatéral opposé pour garantir un meilleur éclairage de la salle, ainsi qu'une ventilation transversale efficace. Les systèmes de manœuvre des ouvrants doivent se situer à moins de 1.60m du sol. Les grandes baies vitrées sont à éviter ainsi que l'éclairage unilatéral sauf dans le cas des salles à moins de 7.20m de profondeur.⁵⁴

5.2.3 Revêtements :

Les murs et les cloisons doivent être d'une couleur claire et mate, et d'une matière lessivable, ne permettant pas de retenir la poussière. Le plafond sera plane et uni, sans corniches, et d'une peinture semblable à celle des murs. Alors que le sol doit être antidérapant, étanche et résistant aux variations de températures, aux chocs et aux agents chimiques.⁵⁵

⁵⁴ (ministre, 1982.)

⁵⁵ ((MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET, 2013)

6. Norme d'éclairage

La lumière est indispensable dans les salles de classes, et elle doit être suffisante, pour éclairer toutes les zones de la salle, afin de permettre aux élèves d'exercer leurs activités en toute sécurité, sans les situations d'inconfort et de gêne visuelle, qui influent négativement sur les élèves.⁵⁶

6.1 Eclairage naturel des salles de classe

Selon la direction du génie scolaire qui est une antenne liée au ministère de l'éducation national voici les exigences de l'état :⁵⁷

- ✓ La surface d'ouverture libre des locaux scolaires correspond au minimum à 25% de la surface du sol.
- ✓ Les ouvertures réalisées en claustras doivent en avoir d'avantage afin d'offrir un éclairage suffisant et une bonne aération. Les vides des claustras doivent représenter au moins 50% de la surface au sol de la classe.
- ✓ L'éclairage est de préférence bilatéral, afin d'éviter les ombres portées.
- ✓ Lorsque l'éclairage sera unilatéral, le jour viendra nécessairement de la gauche des élèves.
- ✓ Les fenêtres seront rectangulaires ou légèrement cintrées.
- ✓ les fenêtres arrivent près que possible du plafond sont préférables pour avoir le maximum d'éclairement.
- ✓ La hauteur d'allèges (hauteur entre le sol et le bas de la fenêtre) avec des appuis taillés en glacis sur les deux faces se situe entre 80 et 100 cm au-dessus du niveau du sol. Côté cour, le minima de hauteur est de 100 cm de façon à éviter que les élèves aient une vision directe sur la cour. Une hauteur d'allège basse est privilégiée en climat chaud et humide pour une meilleure ventilation. À l'inverse une hauteur d'allège plus haute est privilégiée dans les climats d'altitude, pour se protéger du froid.

6.2 Dispositions pour protéger les élèves contre l'éblouissement et la fatigue visuelle :

- ✓ Les ouvertures sont situées de chaque côté de façon à garantir un éclairage non éblouissant.

⁵⁶ ((MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET, 2013)

⁵⁷ ((MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE ET, 2013)

- ✓ On ne percera jamais de baies d'éclairage dans le mur qui fait face à la table du maître, ni dans celui qui fait face aux élèves.
- ✓ L'éclairage par des tôles transparentes en toiture est interdit.
- ✓ Les murs doivent être clairs et mats de manière à bien diffuser la lumière, sans former de reflets brillants qui gêneraient la perception visuelle surtout pour les surfaces entourant les baies vitrées.
- ✓ Les plafonds doivent avoir une luminance élevée (peinture blanche) afin d'éviter un trop fort contraste avec les luminaires.
- ✓ La luminance des sols doit être inférieure à celle des plans de travail.
- ✓ Les matériaux, les traitements de surface et les couleurs sont choisis de manière à créer une ambiance favorable à l'étude et à ménager la vue : Pour les plafonds, murs et plan de travail, on privilégiera des couleurs claires, des couleurs mates ou satinées et on évitera le plus possible les couleurs brillantes.

7. Le confort visuel dans les salles de classes :

Le confort visuel, est indispensable à la construction d'une école, il est pris en compte dès le début du projet, il offre aux élèves des conditions d'éclairage suffisantes pour mener à bien les activités scolaires, tout en offrant un environnement lumineux confortable, stimulant et attrayant.

La lumière insuffisante et le gêne visuel dans les salles de classes peuvent entraîner une fatigue visuelle, une inattention et une diminution de l'efficacité.

(SAFFIDINE, 2001), dans sa thèse de doctorat intitulée « Le problème de l'ensoleillement dans les salles de classe des nouvelles écoles à Constantine » à affirmer que l'inconfort visuel a un impact significatif sur le processus des activités scolaires, perturbant l'attention des apprenants et provoquant même de graves problèmes de santé. Par conséquent, le type de lumière utilisé affectera les performances scolaires et le développement physique des élèves.

Le psychologue (Hathaway, 1994) a confirmé dans ces études qu'une bonne lumière naturelle permet un apprentissage plus rapide, une bonne santé et une croissance plus longue. Dans ses recherches, il a découvert que dans une salle de classe éclairée naturellement, les scores en lecture augmentaient de 26% et les scores en mathématiques augmentaient de 20%.⁵⁸

⁵⁸ (TABOUCHE, 2010)

La lumière naturelle augmente les performances scolaires

L'UPMC (Université Pierre Marie-Curie)/INSERM (Institut National de la Santé et de la Médecine) a mené une étude en France pour comprendre l'impact de l'environnement scolaire sur les enfants. Les résultats ont montré que la qualité de l'éclairage naturel dans les salles de classe a un impact majeur sur les capacités intellectuelles des élèves.

L'étude a été menée sur 2 837 enfants âgés de 9 à 12 ans dans 148 classes de 54 écoles en Europe. Le matin, tous les élèves ont passé des tests de mathématiques et de logique.

Les chercheurs ont découvert que dans les salles de classe dotées de grandes fenêtres orientées au sud (bonne qualité de lumière naturelle), les étudiants réussissaient mieux aux examens (15 % de plus aux examens de mathématiques et de logique).

8. Tâches visuelles dans les salles de classe

Les tâches visuelles auxquelles sont confrontés les élèves dans une salle de classe sont les suivantes:

- lire ou écrire un document sur le plan utile.
- lire ce qui est écrit sur le tableau.
- regard très long vers l'enseignant ou vers un autre élève.
- regarder des films, d'émissions télévisées.
- travail sur ordinateur.

A travers ces données, nous avons remarqué que la principale caractéristique des tâches visuelles en classe est l'alternance entre vision de près et une vision de loin. En effet, l'élève écrit sur le plan de travail (vision de près), regarde le tableau (vision de loin), retourne à son cahier (vision rapprochée) observe son enseignant (vision éloignée)... Cela signifie des changements d'accommodation et de convergence, mais c'est aussi signifié s'adapter rapidement au changement.⁵⁹

⁵⁹ (Benharkat, 2006.)

9. Les niveaux d'éclairage requis dans les salles de classe

Les recommandations et les normes fournissent des valeurs plus élevées en fonction du type d'activité à développer. Par exemple, pour les salles de classe, la valeur recommandée varie entre 300 et 500 lux.

- Eclairage horizontale doit être d'au moins 500 lux, Le facteur d'uniformité, rapport de l'éclairage minimal à l'éclairage moyen, doit être supérieur à 0,8.

- L'éclairage verticale doit être d'au moins de 600 lux, Le rapport de l'éclairage minimal à l'éclairage maximal doit être supérieur à 0,5.

10. Les nuisances visuelles dans les salles de classe :

La nuisance visuelle est un état d'inconfort visuel ou la production d'un certain dysfonctionnement visuel. Ils apparaissent lorsque les conditions d'éclairage dépassent certaines limites de la santé humaine, à savoir les limites physiologiques liées à un éclairage insuffisant.

Selon B. DENEOD (DENOEU, B., 2003), un éclairage insuffisant conduit à une forte dispersion des résultats obtenus par l'ensemble de la population représentée dans les salles de classe par les élèves.

Le reflet parasite de la lumière sur un tableau est aussi dérangeant que l'éblouissement direct : il provoque une fatigue oculaire, qui peut entraîner fatigue et stress. La présence de reflet peut rendre la lecture de certaines informations écrites impossible. Il est courant que les étudiants tentent de corriger cette situation en adoptant des positions qui sont mauvaises de travail, qui provoque des fatigues et donc une diminution des performances scolaire.⁶⁰

11. Les effets de l'orientation dans les salles de classes :

L'orientation des écoles est choisie selon certains critères particulièrement: ⁶¹

- la bonne exploitation de la lumière naturelle,
- la prévention des surchauffes et de lumière éblouissante,

⁶⁰ (Bénédicte, Collard. Fabrice. Dery., 2011).

⁶¹ (Journal Officiel du Grand-duché de Luxembourg, 1990)

- types d'activités scolaires prévus.

Les salles de classe qui sont orientées au Nord, profitent d'une lumière uniforme et des rayons solaires diffus. Les salles de classes orientées à l'Est, exposé à des rayonnements solaire la matinée qui sont difficile à contrôler car les rayons sont bas sur l'horizon. En revanche, les salles de classes orientées vers le Sud bénéfique d'un éclairage naturel important et contrôlable.

Et pour les salles de classes orientées à l'Ouest, l'après-midi elles sont exposées à des rayons solaires directs ce qui provoque un risque de l'éblouissement et des surchauffes.

Selon plusieurs chercheurs, tel que les docteurs Liebreich, Gavarret, Gariel et Javal, l'axe dirigé de nord au sud, est la bonne orientation pour les salles de classes, et pour l'axe qui dirigé de l'est à l'ouest, à éviter car il présent plusieurs problèmes, comme la surchauffes, l'éblouissement...

Nous pouvons également orienter les salles de classe vers le nord-est ou vers le nord-ouest, afin de profiter de soleil plus longtemps le matin que le soir. »⁶²

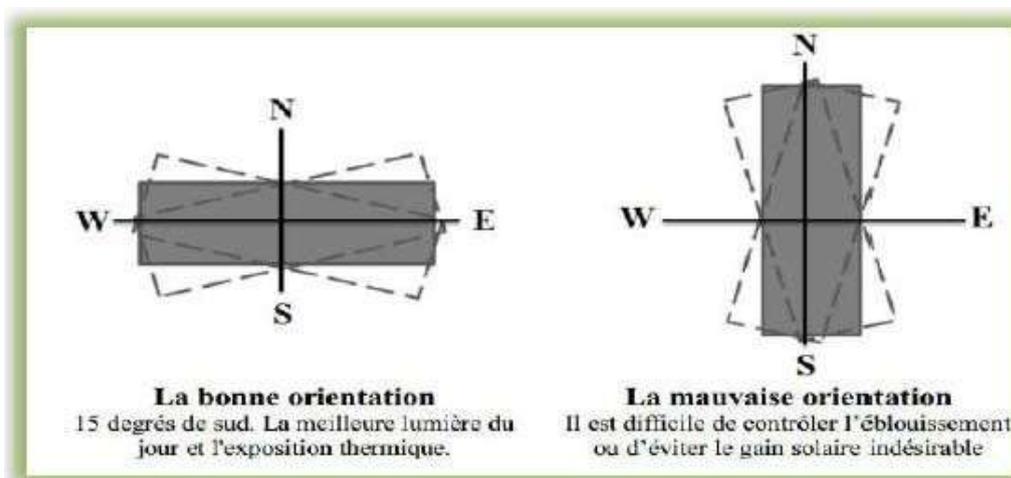


Figure 04: Critique des orientations du bâtiment scolaire typique. Source: [www.Daylighting classroom buildings.com](http://www.Daylightingclassroombuildings.com).

⁶² (Matallah, 2016)

Conclusion :

Plusieurs études ont démontré l'influence de la qualité de l'architecture scolaire sur la concentration et le rendement des élèves, en effet il existe une relation forte entre la qualité des espaces scolaire et les résultats des élèves.

L'architecture scolaire est en continuelle évolution, les nouvelles études et recherches dans ce domaine visent à concevoir des bâtiments éducatifs plus confortables, sains, et qui répondent aux besoins des élèves pour augmenter leurs capacités intellectuelles. La lumière naturelle est l'une des caractéristiques qui assurent le confort visuelle qui participent à garantir un environnement propice à l'apprentissage.

Chapitre III :

Le processus méthodologique, présentation de cas d'étude et les résultats de prises de mesure.

I Le processus méthodologique :

Introduction :

Dans ce troisième chapitre, nous allons présenter les différentes méthodes que nous allons utiliser, en premier lieu nous allons analyser quantitativement le niveau d'éclairement dans les salles de classes, à l'aide d'une étude expérimentale basée sur une campagne de mesures in situ, ainsi qu'une évaluation numérique à l'aide d'un logiciel de simulation. En deuxième lieu, nous allons faire correspondre toute la première partie à notre analyse sur une enquête par questionnaire pour déterminer le niveau de satisfaction des usagers concernant la qualité de la lumière naturelle dans les espaces scolaire.

Notre étude sera portée sur le lycée Sidi Ali Labhar à Bejaia, elle se focalisera sur une évaluation quantitative, et une évaluation qualitative de son environnement lumineux.

I. L'évaluation quantitative :

L'évaluation quantitative se fait avec deux méthodes, la prise de mesure de l'éclairement pour toutes les périodes de l'année dans les salles de classe. Et la simulation avec le logiciel Archiwizard.

1. Prise de mesures in situ :

Consiste à prendre les mesures d'éclairement dans les salles de classes, avec un luxmètre sur un mobile à cause de l'inexistence de l'appareil au sein de notre département. Ces mesures sont prises suivant une grille tracée, (1 m), et à la hauteur du plan de travail des étudiants (75cm).

Les mesures doivent être prises dans toutes les périodes de l'année, (hiver, été, et la mi-saison), Et dans les trois (03) horaires de la journée : matin (8h-10h), midi (12h), après-midi (14h-16h) pour déduire les périodes les plus défavorables de l'année. Nous avons fait les prises de mesure pour une seule journée qui est le 29 avril sous les conditions d'un ciel clair, et ce pour 06 salle de classes, Pour le choix des salles à étudier, nous avons choisir ceux que nous jugeons avec les conditions lumineuses les plus défavorables (orientation : les salles de classe sont orientées sur 04 différentes orientations, et ensoleillement,...) et la disponibilité de ces salles.

2. Simulation numérique :

La prise de mesures in situ dans les salles de classes est impossible à effectuer pour toutes les périodes de l'année, et cela revient à la limite de la durée de la recherche.

Pour cela on a opté pour une simulation numérique avec le logiciel Archiwizard pour compléter l'évaluation quantitative par prise de mesures in situ.

2.1 Pour quoi une simulation numérique ?

Grâce à l'évolution de l'informatique, la simulation numérique est devenue un outil important et très fiable dans la conception et la planification de tout projet d'éclairage. Les architectes l'utilisent souvent dans les premières phases du design, pour l'évaluation et vérification de la performance des bâtiments.⁶³

Selon Chatelet A et al « Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouverture«), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix »⁶⁴

La simulation aide à comparer les mesures in situ et les données du logiciel, et même celui-ci représente un moyen flexible pour toute modification concernant les données du projet ou copier certain projet ou cas.

Il existe plusieurs logiciels de simulation telle que : "DIALUX ", "VILUX ", " ECOTECT ", " ENERGIE+ ", " RADIANCE " ...etc. et pour notre cas d'étude, nous avons choisi Archiwizard.

2.2 Présentation de logiciel de simulation Archiwizard :

Le logiciel Archiwizard est un logiciel de simulation énergétique des bâtiments, produit par la société RAYCREATIS, qui nous permet de simuler les performances énergétiques d'un projet architectural depuis la phase esquisse jusqu'à la phase de détail. Ce logiciel nous permet de faire une analyse lumineuse pour les espaces d'un bâtiment pour pouvoir voir ou est-ce que c'est le plus illuminé ou le plus sombre. Nous permet aussi de faire des bilans conformément à la réglementation thermique française RT 2012. (<https://www.a-doc.com/logiciels/archiwizard>)

⁶³ . (MontenegroIturra, 2011)

⁶⁴ (Chatelet A, 1998,)

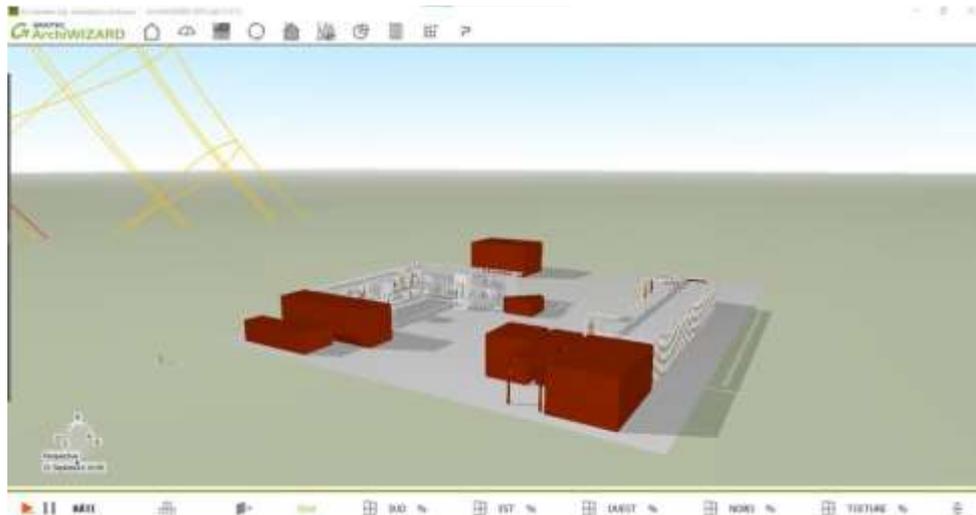


Figure 01: capture d'écran de l'interface Archiwizard. Source : auteur.2021 (Archiwizard, 2019)

2.3 Les étapes de simulation :

1^{er} étape : La modélisation 3D: Nous avons fait la modélisation 3D du lycée Sidi Ali Labhar sur le logiciel Sketchup, ensuite nous avons enregistré le fichier 3D sous format skp pour l'importer sur le logiciel de simulation Archiwizard.



Figure 02: capture d'écran de la modélisation 3D du lycée Sidi Ali Labhar sur le logiciel Sketchup. Source : auteur.2021 (sketchup, 2019)

2eme étape : insertion de fichier climatique du Bejaia : nous avons déjà fabriqué un fichier climatique avec les données de la ville actuelles.



Figure 03: Capture de l'interface logicielle Archiwizard (insertion de fichier climatique du Bejaia). Source : Auteur.2021 (Archiwizard, 2019).

3eme étape : le choix d'usage de bâtiment : nous avons choisie collège (lycée, partie jour)



Figure 04: Capture de l'interface logicielle Archiwizard (le choix d'usage de bâtiment). Source : Auteur.2021 (Archiwizard, 2019).

4eme étape : l'affectation des matériaux (choix de murs, de verres, de cadre, afin de préparer la maquette pour l'analyse énergétique.)



Figure 05: Capture de l'interface logicielle Archiwizard (choix des matériaux). Source : Auteur.2021 (Archiwizard, 2019).

5eme étape : insertion des cartes d'éclairage



Figure 06: Capture de l'interface logicielle Archiwizard (insertion de cartes d'éclairage). Source : Auteur.2021 (Archiwizard, 2019).

6eme étape : le choix de la journée et l'heure

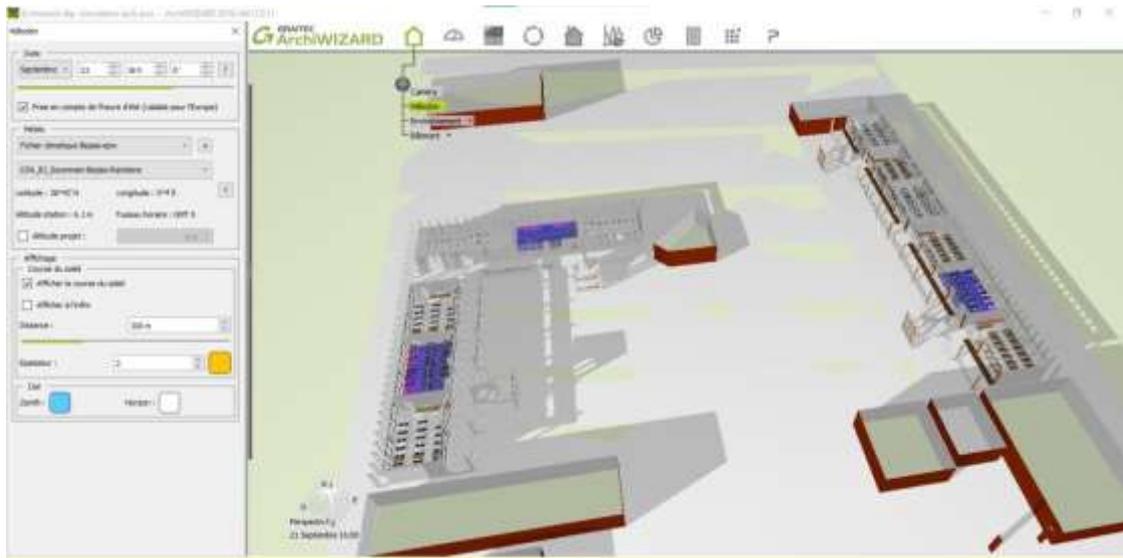


Figure 07 : Capture de l'interface logicielle Archiwizard (le choix de la journée et l'heure). Source : Auteur.2021 (Archiwizard, 2019).

7eme étape : création de rapport.

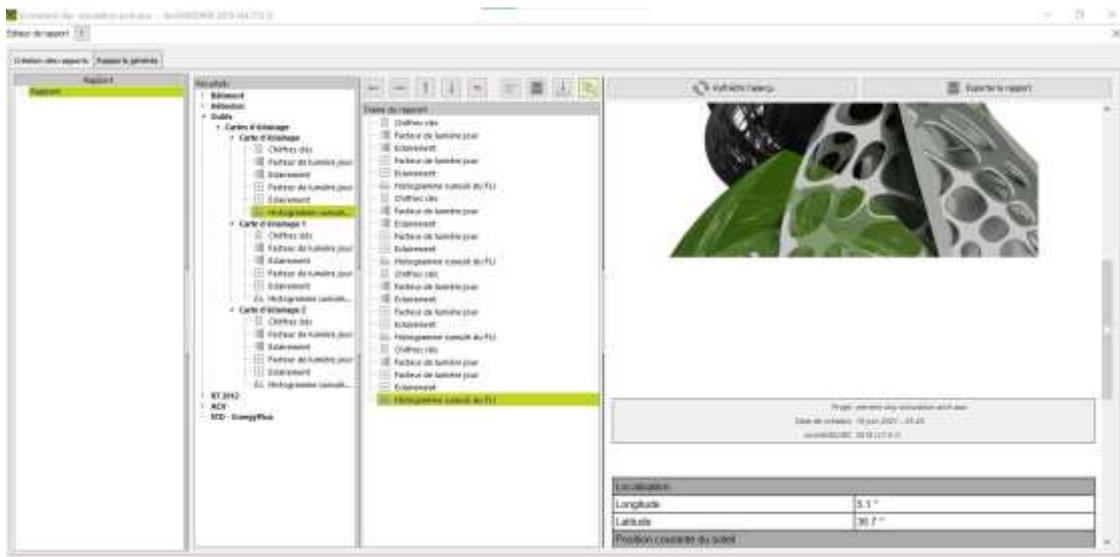


Figure 08: Capture de l'interface logicielle Archiwizard (création de rapport). Source : Auteur .2021 (Archiwizard, 2019).

L'évaluation qualitative:

L'évaluation qualitative se fait avec une seule méthode qui est une enquête par questionnaire, comportent un ensemble des questions qui s'enchaînent d'une manière structurée, pour les lycéens qui fréquentent les différentes salles de classes de lycée Sidi Ali Labhar.

1-Définition du questionnaire

Le questionnaire est défini comme étant « un instrument de prise de l'information, basé sur l'observation et l'analyse des réponses à une série de questions posées. Cette technique constitue un raccourci précieux quand l'observation directe est impossible, trop coûteuse ou insuffisante.» A. ROUAG. Cours de méthodologie. Magister. Option psychotraumatisme. 2002-2003, p11.

2-La description du questionnaire et le choix des échantillons :

Afin de réussir notre enquête et d'attendre nos objectifs, nous avons opté pour un questionnaire qui contient globalement 25 questions qui sont divisées en deux parties :

La première partie: comporte des questions qui présentent les critères de choix d'échantillon, à savoir le sexe, l'âge, groupe d'usages, durée d'occupation.

La deuxième partie : comporte des questions qui concernent la qualité d'éclairage naturelle dans les salles de classes ainsi que les éventuels problèmes d'inconfort à savoir: la présence des taches solaires, le gêne à cause des rayons solaires directs, l'apparition des traces d'ombre gênant sur le plan de travail.....etc.

Pour le choix de l'échantillon qui est définie par (ROSENTAL, C. MURPHY C, F., 2001) comme étant « l'ensemble sur lequel portent les observations ». Il ne soumet pas à des règles strictes. Il est simplement recommandé de viser un groupe homogène de personnes qui ont des caractéristiques communes.

Pour notre cas d'étude, nous avons pris 04 salles de classes, 02 à l'est et 02 à l'ouest, ceux que nous jugeons avec les orientations les plus défavorables, chaque salle comporte 15 échantillons, nous avons sélectionnés les élèves inscrits en 1^{er} année et en 3^{ème} année, spécialité sciences expérimentale.

3-Le traitement des résultats :

A la fin de notre enquête, les résultats obtenus sont traités sur le logiciel « Excel », et elles sont organisées sous forme de graphes représentatifs à barres groupées, nous avons préféré cette manière de représentation pour nous permettre de bien comparer les valeurs de chaque catégorie afin de pouvoir analyser les graphes, les commenter et sortir par des synthèses.

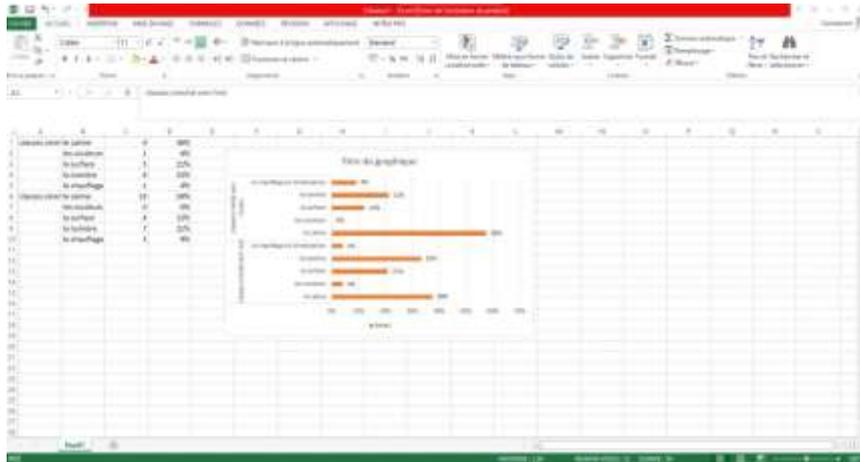


Figure 09: capture d'écran sur interface Excel 2013. Source : auteur.2021

II cas d'étude :

1. Présentation de la zone d'étude :

1. Situation :

La ville de Bejaia est située au Nord-est du pays, sur le littoral méditerranéen, à 220 km à l'est d'Alger. Elle s'étend sur une superficie de 3 261 km² et elle s'ouvrant sur la mer méditerranée avec une façade maritime de plus de 100 Km. La ville de Bejaia est délimité La mer méditerranée au Nord, la wilaya de Jijel à l'Est, les wilayas de Sétif et Bordj-Bou-Argeridj au Sud, les wilayas de Tizi Ouzou et Bouira à l'ouest.



Figure 10 : Carte illustrant la situation géographique de Bejaia. Source: Wikipedia

2. Données climatiques :

La zone d'étude, est caractérisée par un climat humide de type méditerranéen, c'est-à-dire contrasté par une période pluvieuse en hiver et une période sèche en été. En effet, les facteurs climatiques intervenant dans les processus de transformation la diffusion des polluants sont les pluies, les températures et les vents.

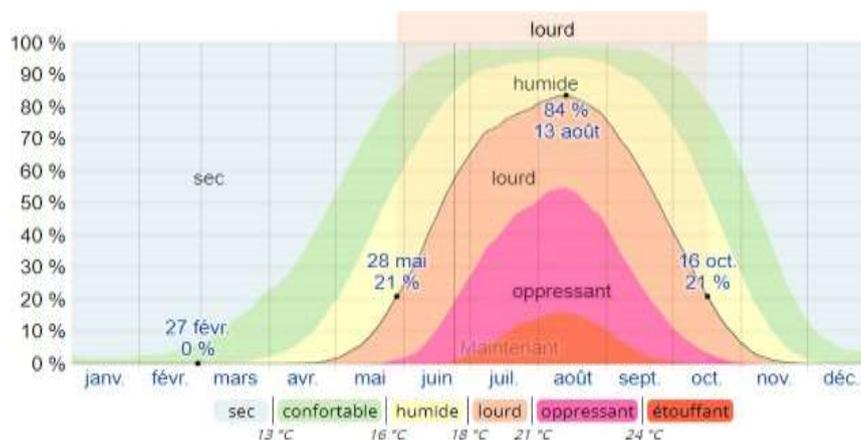
5.1 La pluviométrie :

La commune de Bejaia reçoit annuellement, une moyenne de 1105 mm de pluies. Concernant la répartition de cette pluviométrie sur l'année, on constate que :

- Le maximum de pluies est atteint entre octobre et Mars et culmine à environ 181 mm en janvier.
- Le minimum est relevé en Juillet et Août avec une moyenne pour la période de l'ordre de 8,5 mm.

5.2 L'humidité:

C'est une mesure donnant l'humidité relative de l'air, c'est un rapport exprimé en pourcentage (%) de la tension maximum correspondant à la température. La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 72%



Graph 01: le niveau du confort selon l'humidité. Source : [https://fr.weatherspark.com]

5.3 Les températures :

La température annuelle moyenne est dans les environs de 18,1 °C. D'après les données des températures de la région, nous remarquons que les températures les plus basses sont enregistrées en hiver, au mois de janvier, et les plus élevées au mois d'août.



Graph 02 : température moyenne maximale et minimale. Source : [https://fr.weatherspark.com]

2. Présentation du cas d'étude :

2.1 Présentation de cas d'étude :

Le lycée Sidi Ali Labhar appelé aussi le lycée Assad Ahmed et Bachir Sidi Ali Labhar est un lycée récemment construit par le bureau d'étude Archi Plus, par la demande de direction du logement et des équipements publics de Bejaia. Il a été ouvert le 24 novembre 2016, il a une capacité d'accueil de 1000 places pédagogiques, s'étalant sur une superficie totale de plus de 9072 m² dont 4072,01 m² bâtis.

2.2 Situation : Le Lycée Sidi Ali Labhar est située au sud de la ville de Bejaia, a une 952,94 m de la mer méditerranée. Il est accessible depuis le boulevard Lieutenant Fardjallah Mohand Oulhadj et la route nationale N 09.

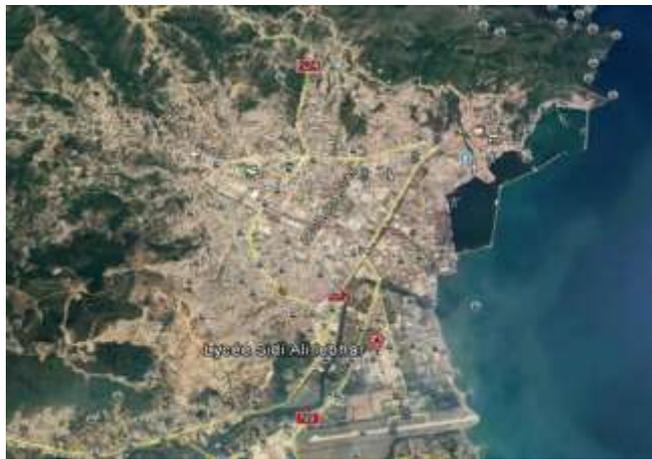


Figure 11 : plan de situation. Source : Google earth

2.3 Plan de masse :

L'accès principal se fait par la placette pour éviter l'accès direct par la route mécanique.

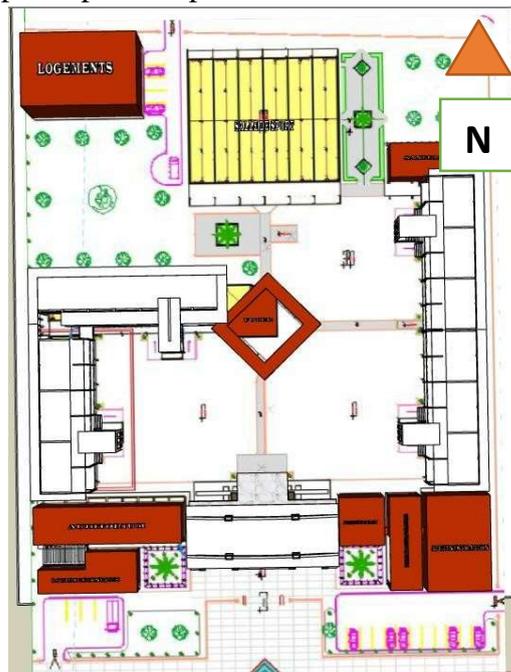


Figure 12 : plan de masse. Source : auteur.2021.

2.4 Motivation du choix du cas d'étude :

Au début, nous avons fait une liste de plusieurs lycées au niveau de la wilaya de Bejaia, après on a choisi celui de sidi Ali Labhar parce que :

- Son site est bien dégagé
- La présence des différentes orientations ce qui nous permet de faire une comparaison et déduire l'orientation la plus défavorable
- L'absence du voisinage coté est et ouest.

2.5 Description du projet :

Une architecture simpliste et Moderne. Le lycée est composé avec des formes simples bien dégagées aménagées autour d'une grande cour afin de permettre une meilleure fluidité, une bonne lisibilité et une hiérarchie des espaces.

L'accès principal se fait par la placette pour éviter l'accès directe par la route mécanique. Les façades exposé au soleil (façade est, ouest) sont équipés par des brises solaire pour éviter les rayonnements solaire direct et l'éblouissement.

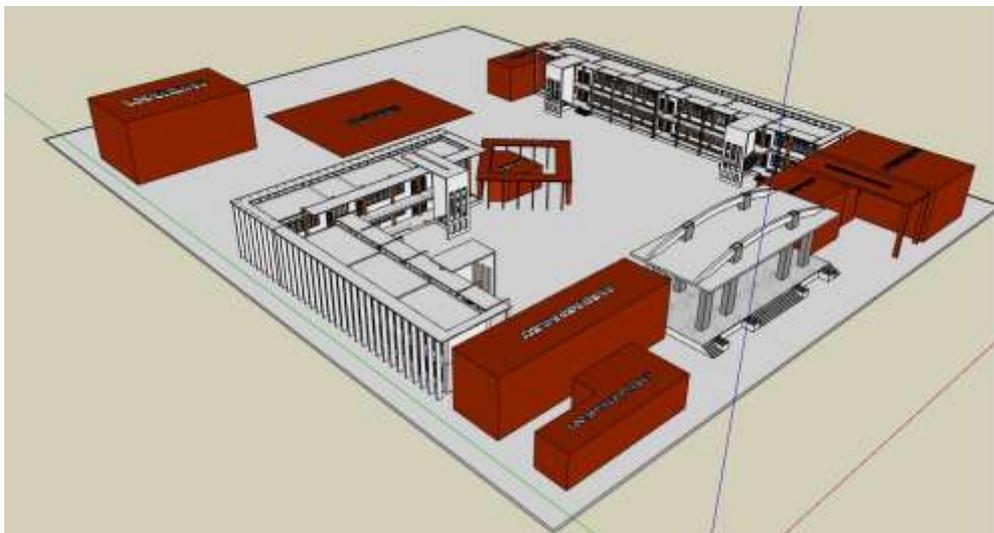


Figure 13 : la 3d avec le logiciel sketchup. Source : auteur.2021.



Figure 14: Vue sur les blocs C3 et D
Source : auteur.2021.



Figure 15 : Vue sur les blocs C1 et C2
Source : auteur.2021.



Figure 16: Vue sur Le bloc administrative
Source : auteur.2021.



Figure 17: Vue sur l'auditorium
Source : auteur.2021.



Figure 18: Vue sur la placette depuis l'intérieur
Source : auteur.2021.



Figure 19 : Vue sur la placette depuis l'extérieur.
Source : auteur.2021.

2.6 Les Cellules choisie :

Pour notre étude, nous avons choisie 06 salles de classe (voir figure, en bleu), chaque bloc nous avons pris deux salles, une au RDC et l'autre en étage, à savoir, deux salles qui ont orienté à l'est (bloc C1), deux salles qui ont orienté à l'ouest (bloc C3), et les deux salles qui ont orienté au sud (les laboratoires, bloc D).

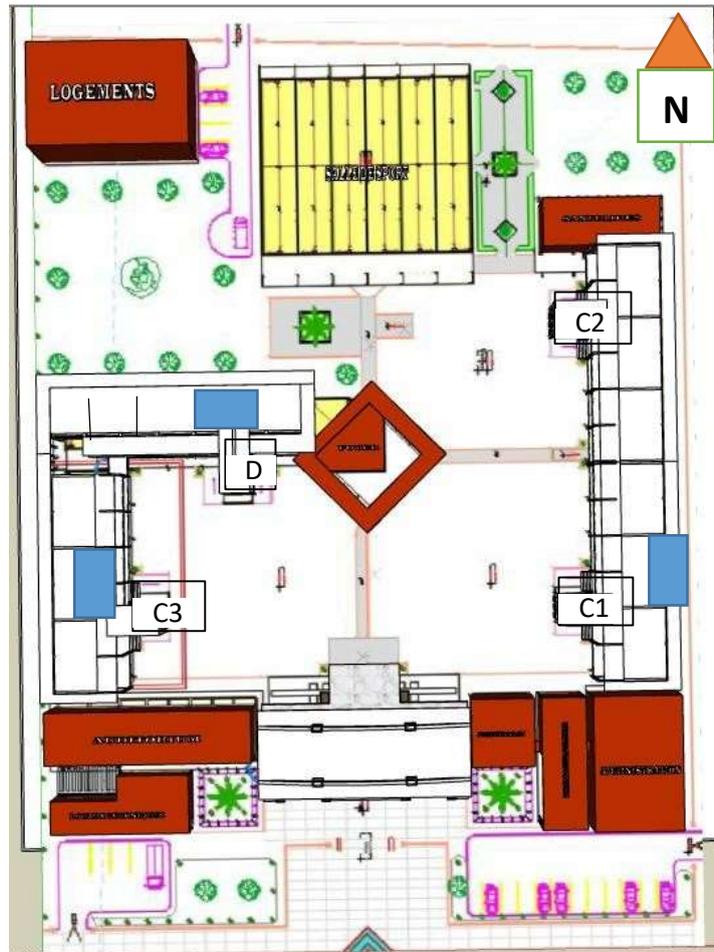


Figure 20 : les cellules choisies sur le plan de masse. Source : auteur.2021

III.1 Les prises de mesure : LE 29 AVRIL 2021(condition de ciel clair) :

Nous avons effectué des mesures de l'éclairage lumineux pour une seule journée qu'est, le 29 avril 2021, dans les salles de classes qu'on a choisi, sachant que l'éclairage naturelle est bilatéral, dans les trois périodes les plus défavorables (9h, 12h, 15h), pour notre cas, nous avons fait les mesures à 8h pour des raisons de disponibilité des salles de classe. Notons que, toute les mesures de l'éclairage sont effectuées d'une façon ou en mesurant l'éclairage sans l'éclairage artificiel en prenant compte que la lumière naturelle entrante. Nous avons dessiné les courbes d'éclairage et pseudo couleurs. Nous avons obtenu les résultats suivants

Bloc C1 (orienté à l'est) salle 02 RDC :

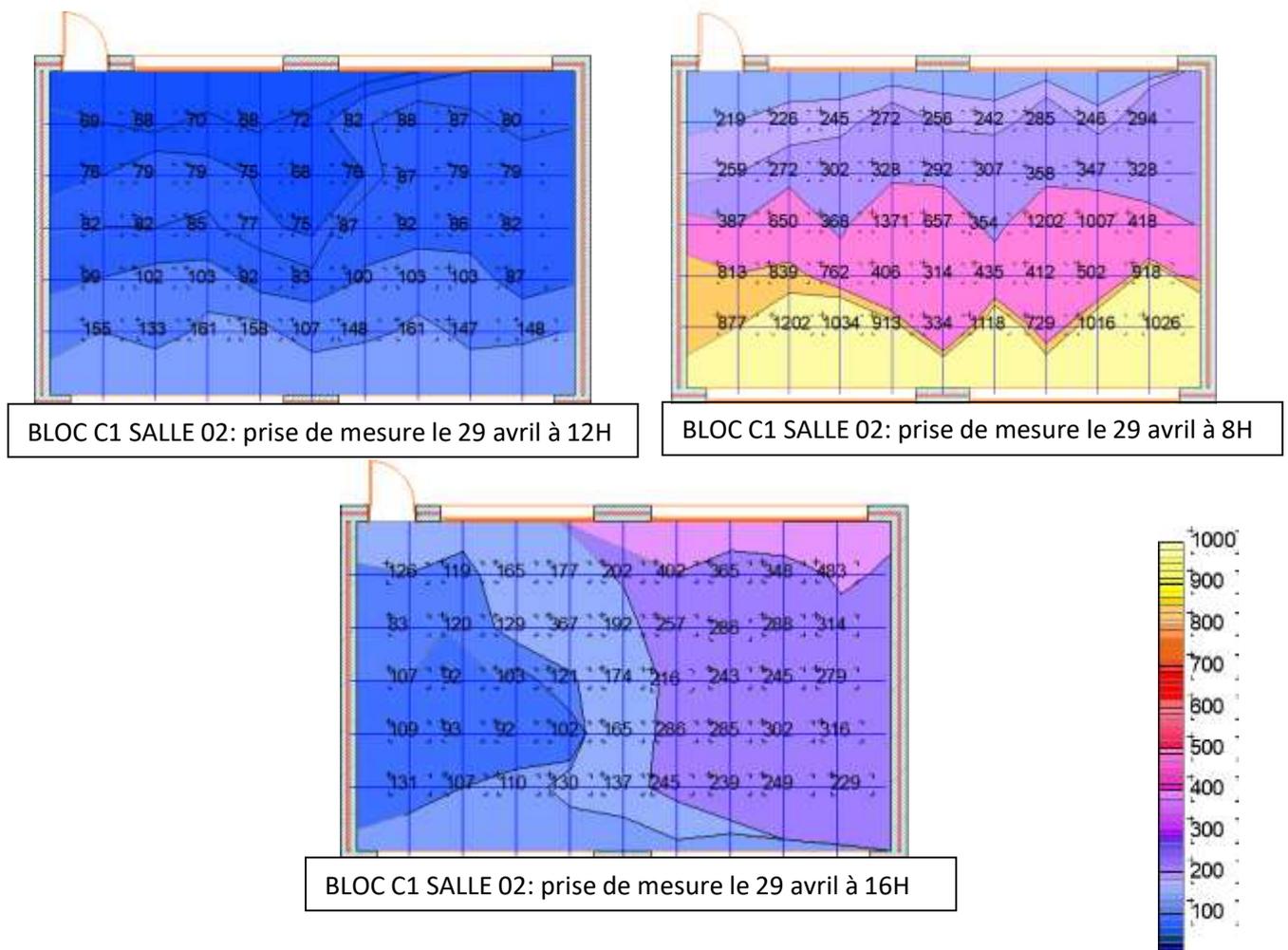


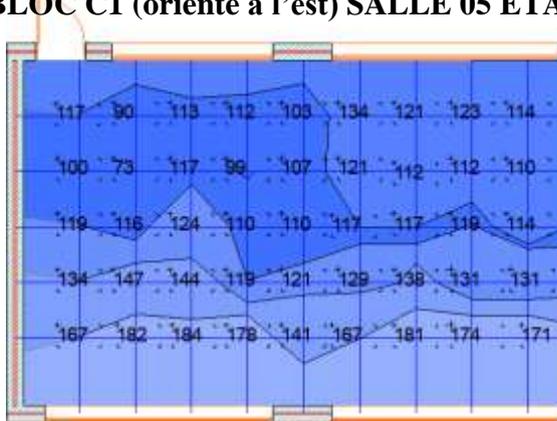
Figure 21 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle02 Bloc C1. Source : auteur.2021,

Pour cette salle, les niveaux d'éclairage que nous avons obtenu dans la période matinale sont varient entre 219 lux et 1202lux, on remarque la présence de taches solaire à proximité de la baie orienté à l'est, ce qui rend l'espace trop éclairé avec un fort risque d'éblouissement.

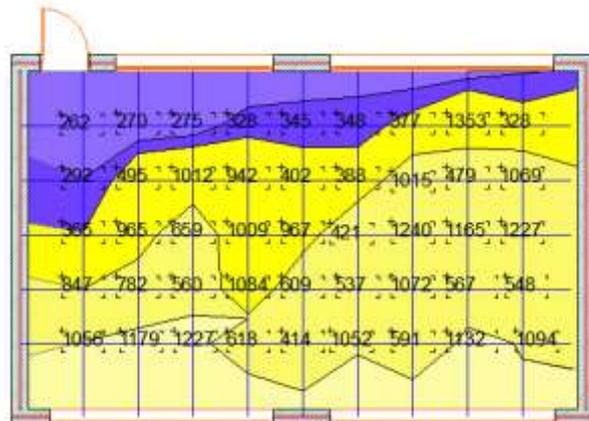
A 12h, les valeurs obtenues sont diminuées, elles varient entre 70 lux et 158 lux. Et elles sont plus inférieures aux valeurs souhaitées. La luminosité se réduit en s'éloignant de la baie orientée à l'est, ce qui rend la salle sombre côté ouest.

Pour la période de l'après-midi, on remarque l'augmentation des valeurs d'éclairage par rapport à la période de midi, en allant jusqu'à 483 lux à proximité de la baie orientée à l'ouest avec un risque faible d'éblouissement.

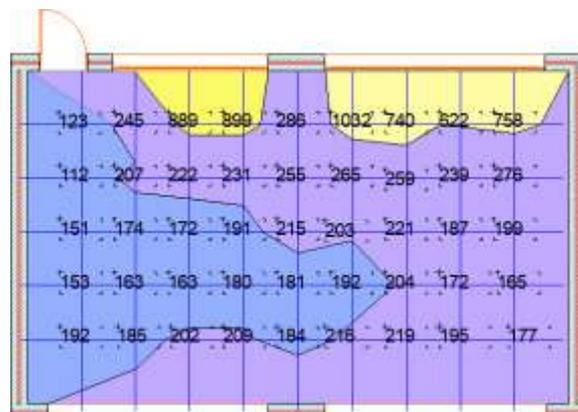
BLOC C1 (orienté à l'est) SALLE 05 ETA



BLOC C1 SALLE 05: prise de mesure le 29 avril à 12H



BLOC C1 SALLE 05: prise de mesure le 29 avril à 8H



BLOC C1 SALLE 05: prise de mesure le 29 avril à 16H

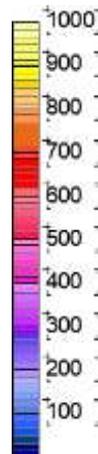


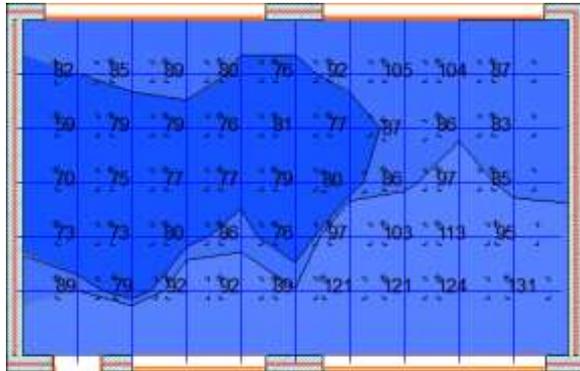
Figure 22 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle05 Bloc C1. Source : auteur.2021

Pour cette salle, dans la période matinale, les valeurs d'éclairage sont plus par rapport à la salle au RDC, elles varient entre 262 lux et 1353 lux, avec la présence des grandes taches solaire sur toute la salle sauf la partie à proximité de la baie orientée à l'ouest, ceci vas mettre les élèves à un fort risque d'éblouissement.

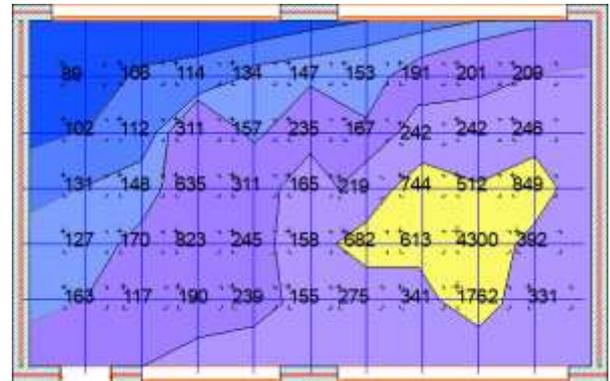
A 12h, les valeurs obtenues sont diminuées pour atteindre 181 lux à proximité de la baie orientée à l'est, Dans cette période nous avons constaté que la lumière de jour est insuffisante pour assurer un éclairage adéquat.

A 16h, les valeurs sont variées entre 112 lux et 1032 lux, on remarque la présence des taches solaire à proximité de la baie orienté à l'ouest, par conséquent la présence d'éblouissement gênant sur les tables.

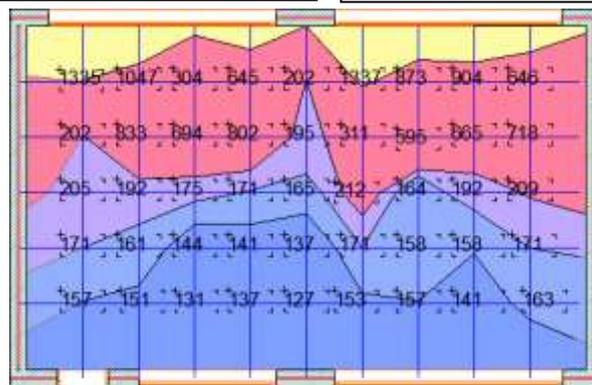
BLOC C3 (orienté à l'ouest) SALLE 02 RDC:



BLOC C3 SALLE 02: prise de mesure le 29 avril à 16h



BLOC C3 SALLE 02: prise de mesure le 29 avril à 8h



BLOC C3 SALLE 02: prise de mesure le 29 avril à 12h

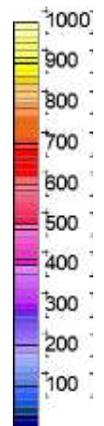


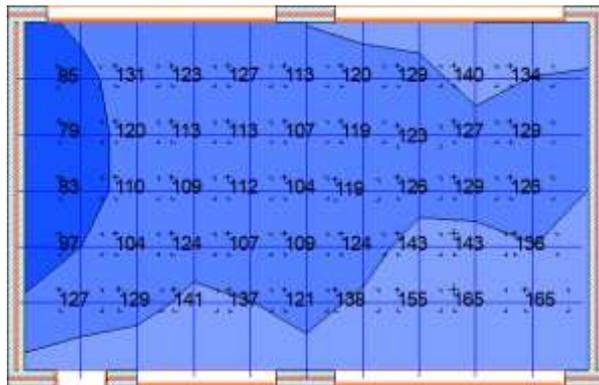
Figure 23 : Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle02 Bloc C3. Source : auteur.2021

Dans la période matinale, les valeurs de l'éclairage lumineux sont variées entre 89 lux et 4300 lux, à cause de la présence de tache solaire coté est au fond de la salle,

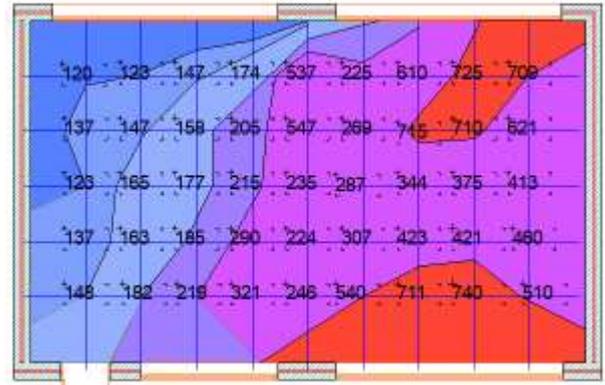
A 12h, nous remarquons une diminution de niveaux d'éclairage pour atteindre 70 lux à proximité de tableau. Ce qui rend la salle peu éclairé.

A 16h, la quantité de la lumière diffuse est augmentée par rapport à la période de midi, et les valeurs obtenue sont variées entre 127 lux et 1337 lux. Avec la présence des taches solaire à proximité de la baie orienté ouest, ce qui provoque une sensation d'inconfort dû à l'éblouissement réfléchis sur les plans de travail.

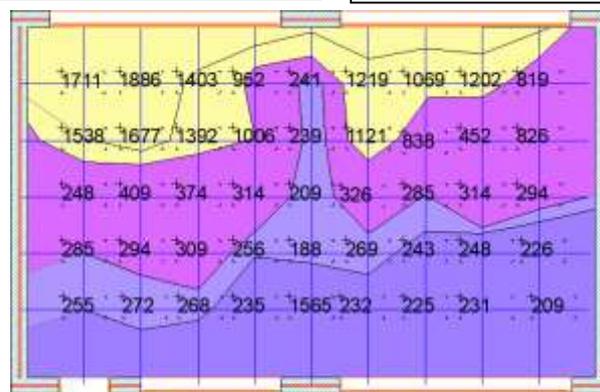
BLOC C3 (orienté à l'ouest) SALLE 05 ETAGE :



BLOC C3 SALLE 5: prise de mesure le 29 avril à 12H



BLOC C3 SALLE 5: prise de mesure le 29 avril à 8H



BLOC C3 SALLE 5: prise de mesure le 29 avril à 16H

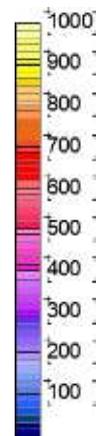


Figure 24 : Courbes d'éclairément mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle05 Bloc C3. Source : auteur.2021

Dans la période matinale, nous remarquons durant cette période, l'augmentation des valeurs d'éclairément au fond de la salle à la proximité de baies, pour atteindre 740 lux, à cause de la présence des taches solaires.

A midi, les valeurs obtenus sont varient entre 79 lux et 165 lux, on remarque que les valeurs sont augmenté par rapport à la salle 2 au RDC dans la même période, mais l'éclairage naturelle est toujours insuffisant.

Pour la période de l'après-midi, nous avons constaté que la salle est bien éclairée, et les valeurs d'éclairément sont augmentées pour atteindre 1711 lux à proximité de baie côté ouest (les taches solaires sont plus présentes par rapport à la salle 2 au RDC) ce qui a engendré un effet très important d'éblouissement réfléchi sur les plans de travail.

BLOC D (LABO) (orienté au sud) SALLE 02 RDC:

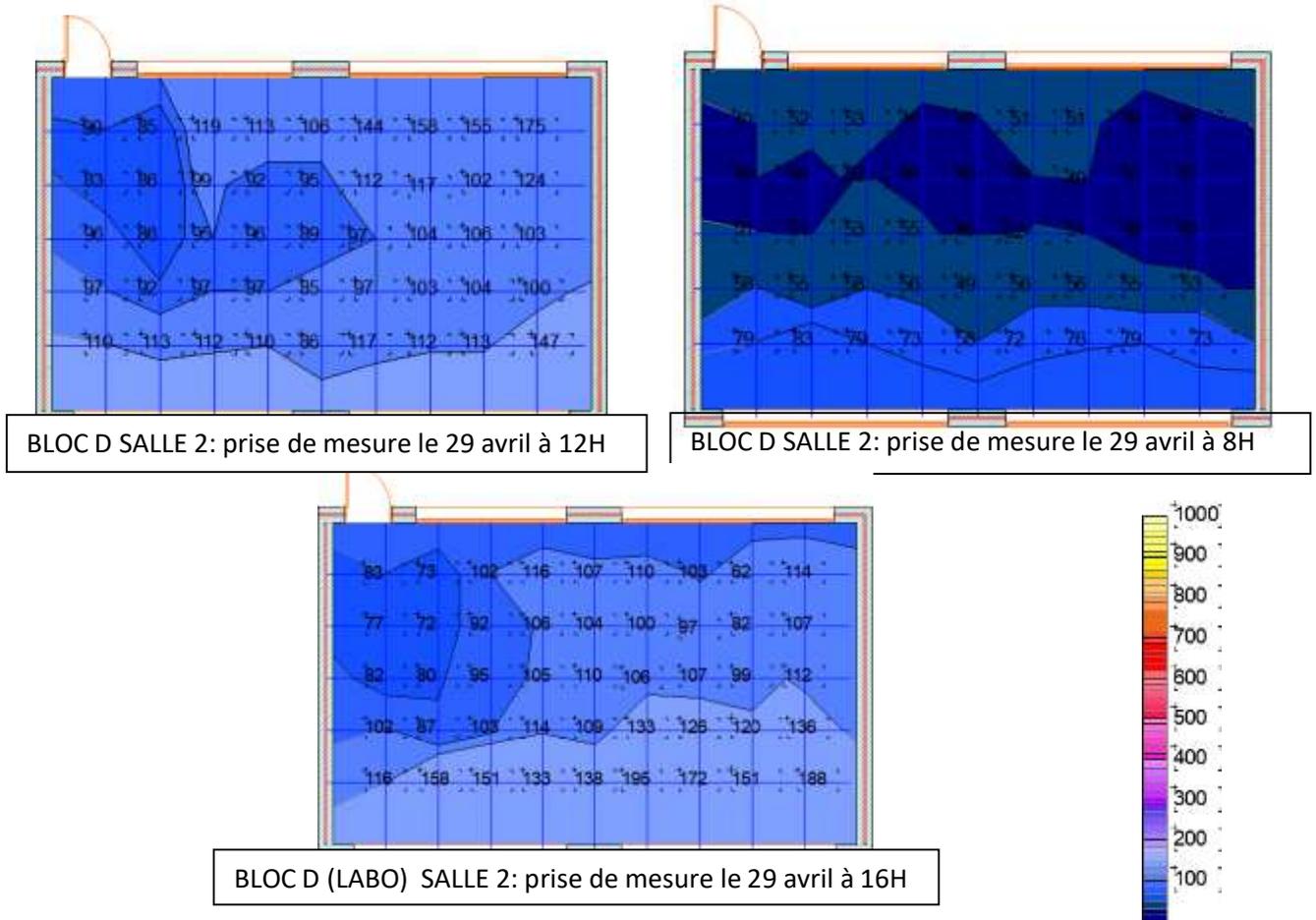


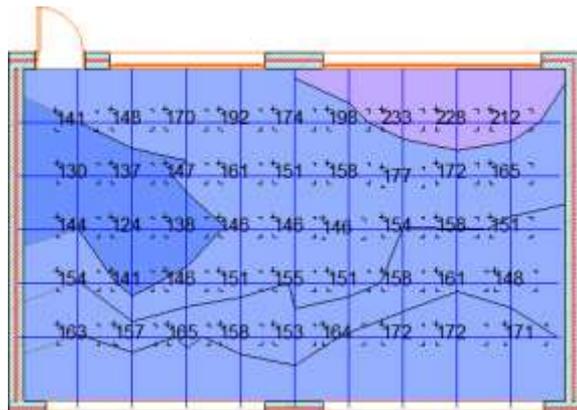
Figure 25 : Courbes d'éclairément mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle02 Bloc D. Source : auteur.2021

Pour la période de la matinée, les valeurs d'éclairément lumineux obtenue sont varient entre 45 lux et 83 lux, on a constaté que la lumière de jour est insuffisante (la salle est très sombre), de ce fait un recours à l'éclairage artificielle est recommandé pour cette période de la journée.

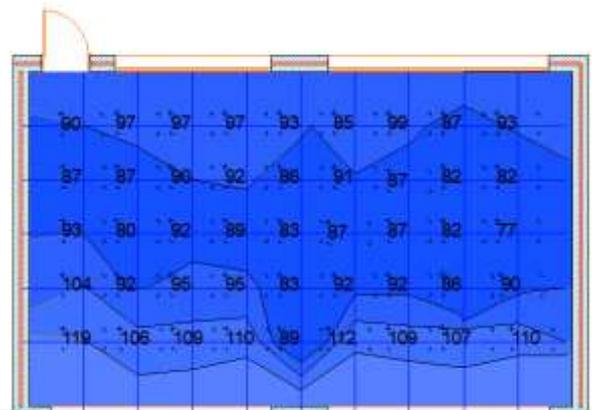
A midi, les niveaux d'éclairément sont augmentés par rapport à la période matinale, pour atteindre 175 lux à proximité de la baie orienté au sud, sans la présence de taches solaires.

Pour la période de l'après-midi, on remarque une légère augmentation de valeurs d'éclairément par rapport à midi, à côté de baie orienté au nord pour atteindre 195 lux, mais la lumière naturelle à l'intérieur est toujours insuffisante pour garantir un éclairage idéal.

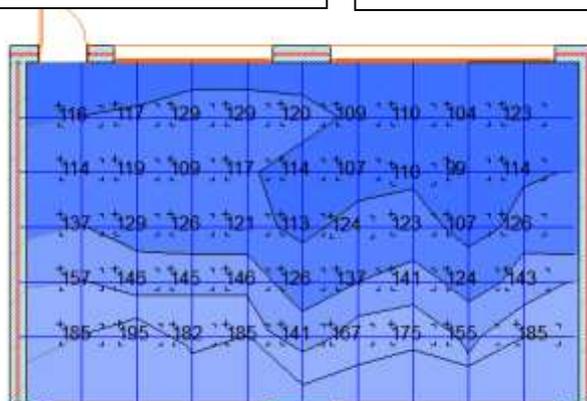
BLOC D (LABO) (orienté au sud) SALLE 05 ETAGE:



BLOC D SALLE 5: prise de mesure le 29 avril à 12H



BLOC D SALLE 5: prise de mesure le 29 avril à 8H



BLOC D SALLE 5: prise de mesure le 29 avril à 16H

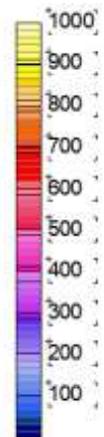


Figure 26: Courbes d'éclairage mesuré pour la journée du 29 avril pour la salle05 Bloc D. Source : auteur, .2021

Dans la matinée, nous remarquons des niveaux d'éclairage insuffisants, qui varient entre 77 lux et 119 lux, ce qui rend la salle sombre.

A midi, nous avons constaté une augmentation importante des valeurs d'éclairage par rapport à la période de la matinée, pour atteindre 233 lux à proximité de baie orienté au sud au fond de la salle avec un faible risque d'éblouissement sur les plans de travail.

Pour la période de l'après-midi, les valeurs d'éclairage sont diminuées côté sud par rapport à midi, pour attendre 99 lux, et augmenter un peu à proximité de baie orienté au nord pour atteindre 195 lux. Mais l'éclairage naturel est toujours insuffisant pour garantir un éclairage adéquat.

Synthèse :

Les résultats obtenus par la campagne de prise de mesures in situ nous permettent d'identifier toute les problèmes dans les salles de classes de lycée Sidi Ali Labhar dans les différentes périodes de la journée. Nous avons constaté la présence de taches solaires dans les salles de classe dans les blocs C1 (orienté à l'est) et C3 (orienté à l'ouest) dans la période de la matinée et la période de l'après-midi, bien qu'il y ait des brises solaire, (les salles ont un éclairage bilatérale, dans la matinée, les rayons solaires sont pénétré depuis les baies orienté à l'est, et l'après-midi, ils pénètrent depuis les baies orienté à l'ouest). Les surfaces qu'elles occupent varient selon les périodes de la journée et l'emplacement de salle, nous avons remarqué que les taches solaire dans les salles en étage occupent plus d'espace par rapport aux salles en RDC (masque solaire). Avec la présence de risque d'éblouissement qui engendre des fatigues visuelles.

Pour les salles de bloc C3 (orienté au sud, avec un éclairage bilatérale), nous avons remarqué l'absence de taches solaires dans toute les périodes et cela revient à la présence de galerie qui ne laisse pas les rayons solaires pénétrant directement dans la salle (masque solaire), ce qui rend l'éclairage insuffisant pour assurer un éclairage adéquat.

Conclusion :

Dans ce premier chapitre pratique, nous avons présenté les différentes méthodes d'évaluation de l'environnement lumineux dans les salles de classes, à savoir, une évaluation quantitative (la prise de mesure in situ et la simulation numérique) et l'évaluation qualitative (enquête par questionnaire). Ensuite, nous avons présenté notre zone d'étude, qui est la ville de Bejaia, avec ses conditions climatiques. Et notre cas d'étude qui est le lycée Sidi Ali Labhar. Puis nous avons montré les résultats d'analyse des données de mesure in situ pour la journée de 29 avril 2021 sous les conditions d'un ciel claire. Les résultats obtenus est insuffisante pour déduire les périodes les plus défavorable dans l'année, par ce que l'étude est faite en une seul journée en mois d'avril, et pour cela nous avons complété cette étude par la simulation numérique et l'enquête par questionnaire, ce que nous allons aborder dans le chapitre qui suit.

Chapitre IV :

La simulation numérique et l'enquête par questionnaire

Introduction :

Dans ce quatrième chapitre, nous allons présenter d'abord les résultats de la simulation avec le logiciel Archiwizard, cette technique est pour but de compléter l'évaluation quantitative par prise de mesures in situ, vu que la durée de recherche ne nous permette pas de les faire pour toutes les périodes de l'année. Nous avons fait la simulation pour les même salles de classe que nous avons fait les prise de mesure en trois période de l'année (décembre, juin, septembre/mars).

Ensuite, nous allons présenter les résultats de notre enquête par questionnaire, nous avons cité dans la partie processus méthodologique que nous avons pris les salles avec les orientations les plus défavorables, à savoir, 02 salles à l'est et 02 salles à l'ouest. Cela afin de savoir les préférences des élèves et leurs satisfactions concernant l'environnement lumineux.

A la fin de ce chapitre, nous allons sortir par des recommandations pour optimiser la lumière naturelle et améliorer le niveau de confort visuel dans les espaces éducatifs afin de garantir un milieu confortable et sain pour les élèves et les enseignants.

1. La correspondance simulation prise de mesure :

Nous avons fait une simulation avec le logiciel Archiwizard pour la journée de 29 avril (la même journée, nous avons fait les prises de mesure), afin de comparer les résultats obtenues par la simulation et la prise de mesure, pour montrer aussi que les résultats de ce logiciel sont fiables. Nous avons appuyés les résultats par des photos réelles prise dans la même journée. Les résultats sont les suivants :

BLOC C1 (orienté à l'est) SALLE 05 ETAGE :

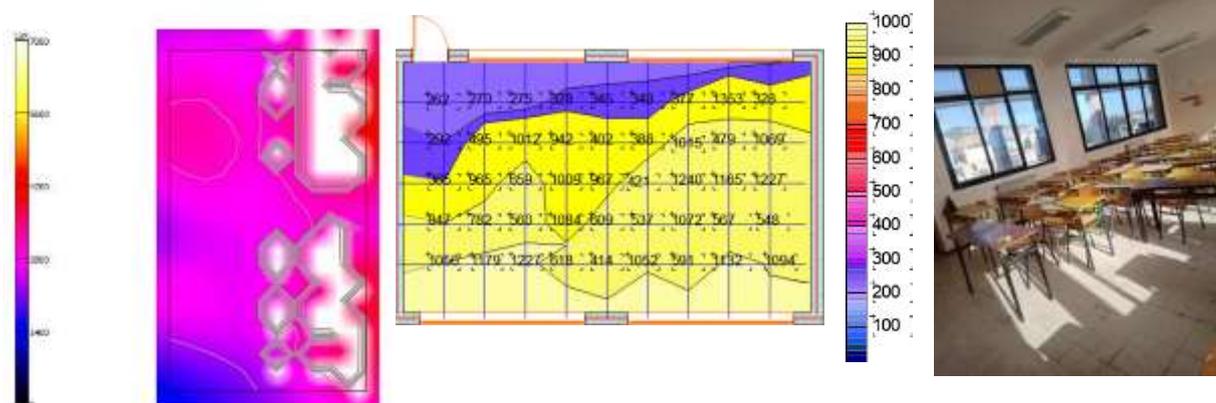


Figure 01: la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 05 bloc C1 étage à 8h. Source : auteur.2021

Les résultats obtenus par la simulation et la prise de mesure sont proches à 80%. Nous avons remarqué la présence des taches solaire dans la partie est de la salle dans les deux méthodes, ainsi la méthode de l'enquête indique la présence de ce problème, à savoir 71% des élèves ont exprimé la présence des taches solaire sur leurs tables.

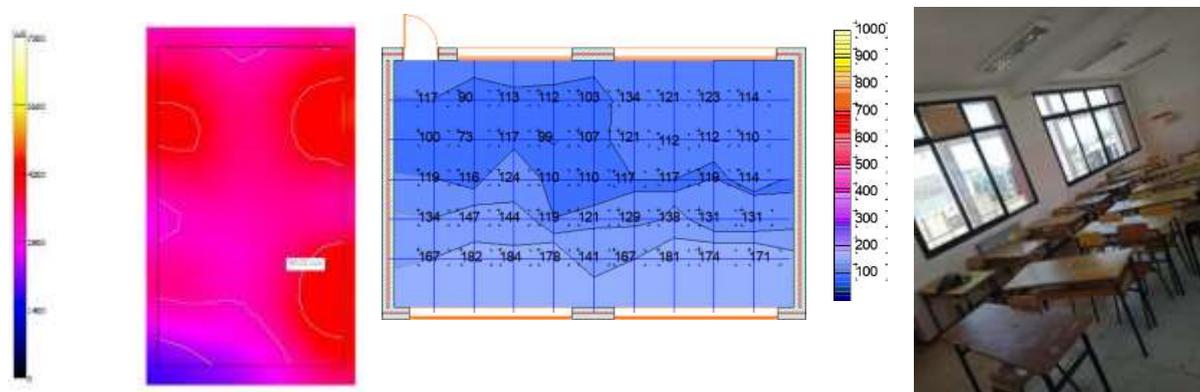


Figure 28: la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 05 bloc C1 étage à 12H. Source : auteur.2021

En comparons les résultats obtenue par la prise de mesure et la simulation de la période de midi, nous avons constaté la diminution des valeurs d'éclairage dans les deux méthodes, avec la concentration d'éclairage dans les zones proche de baies (comme le montre la figure), sans la présence de taches solaire, avec l'effet de l'éblouissement (l'enquête l'indique que 83% des élèves souffrent de ce problème).

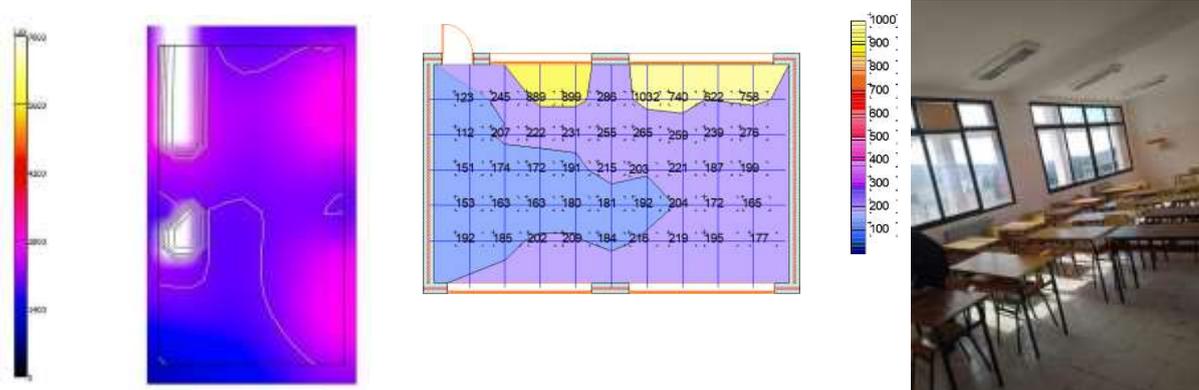


Figure 29: la correspondance entre les résultats obtenus par les prises de mesures et la simulation pour la salle 05 bloc C1 étage à 16H. Source : auteur.2021

Les résultats obtenus pour la période de l'après-midi, sont parfaitement correspondante, nous avons constaté la présence de taches solaire a côté de baies orienté à l'ouest dans les deux méthodes. Les résultats de l'enquête indiquent que 71% des élèves ont exprimé la présence de ce problème.

2. Présentation et interprétation des résultats de la simulation :

Nous allons présenter les résultats des cas les plus défavorables, le reste nous allons les mettre en annexe.

Période de simulation : 21 DECEMBRE :

BLOC C1 (orienté est) Salle N°02 RDC :

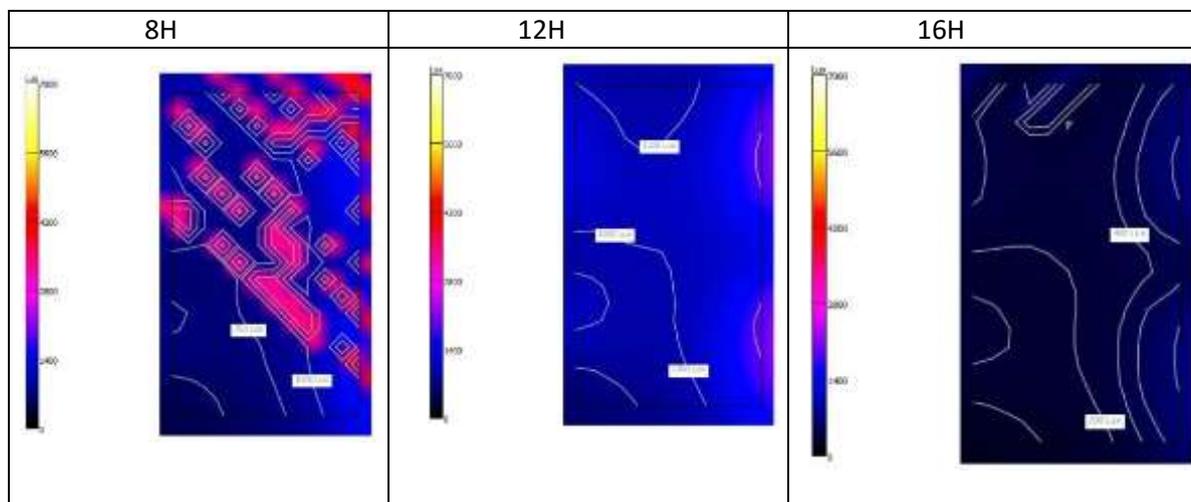


Tableau 01 : la simulation dans la salle 02 Bloc C1 pour la période 21 décembre. Source : auteur.2021

A 8h : une grande quantité de lumière diffuse dans la salle depuis la baie orienté à l'est qui arrive jusqu'au fond d'une façon non homogène ce qui engendre un grand effet d'éblouissement et nous remarquons aussi des zones sombre coté porte et tableau.

A 12h : à midi une diminution des valeurs d'éclairage par rapport à la période matinale. Les zones à proximité de baie orienté à l'est sont plus éclairées par rapport au reste (la salle devient un peu sombre en s'éloignant de la baie), mais la lumière du jour est toujours insuffisante pour assurer un éclairage adéquat.

A 16h : La salle est mal éclairée (très sombre), les valeurs d'éclairage sont très faibles et le recours à l'éclairage artificiel est recommandé dans cette période de la journée.

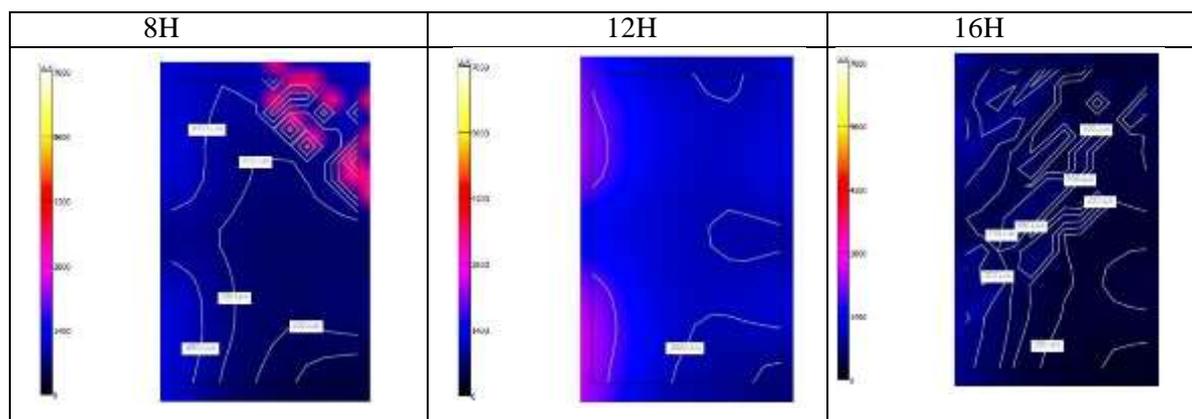
BLOC C3 (orienté à l'ouest) Salle N°02 RDC :

Tableau 02 : la simulation dans la salle 02 Bloc C3 pour la période 21 décembre. Source : auteur.2021

A 8h : nous avons remarqué la pénétration d'une grande quantité de la lumière au fond de la salle depuis la baie orientée à l'est, et le reste de salle est mal éclairé (sombre).

A 12h : Les zones à proximité des baies orientées à l'ouest sont plus éclairées par rapport à celles éloignées.

A 16h : une diminution considérable de niveaux d'éclairement par rapport à midi, on remarque que le soleil ne pénètre pas suffisamment dans cette période de la journée, et pour atteindre le niveau d'éclairement souhaitable, la salle nécessite d'être éclairé artificiellement.

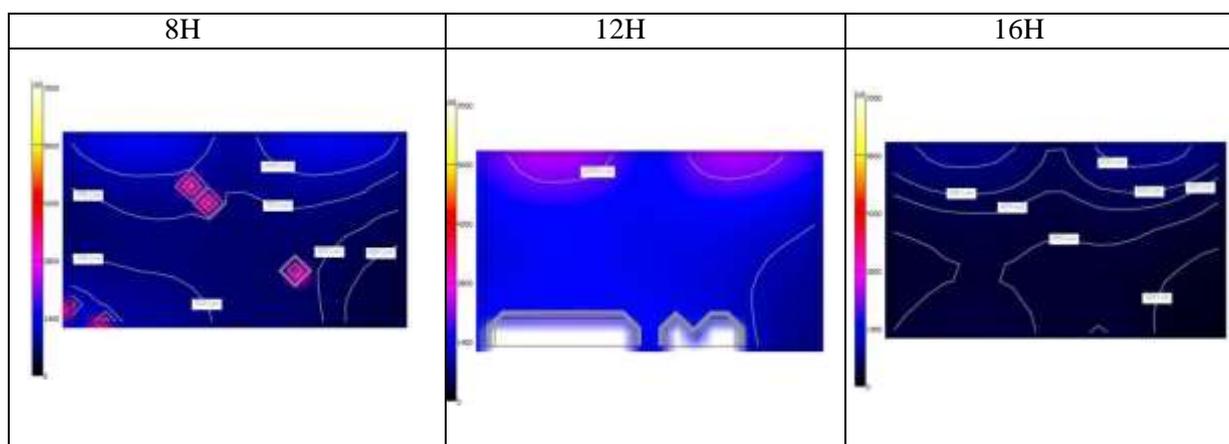
BLOC D (LABO) (orienté au sud) Salle 02 RDC :

Tableau 03 : la simulation dans la salle 02 Bloc D pour la période 21 décembre. Source : auteur.2021

A 8H : Dans cette période, la salle est sombre à cause des valeurs d'éclairement basses, nous avons remarqué que les zones à proximité des baies sont un peu éclairées par rapport au reste de salle.

A 12h : à midi, les valeurs d'éclairement sont élevées par rapport à la période de la matinée, nous remarquons la présence de taches solaire à proximité des baies orientées au sud, avec un

risque fort d'éblouissement sur les plans de travail. Et une concertation d'éclairage coté baies orienté au nord.

A 16h : une forte diminution des valeurs d'éclairage, ce qui rend la salle très sombre, et le recours à l'éclairage artificiel dans cette période est plus que nécessaire.

BLOC D (LABO) (orienté au sud) Salle 05 ETAGE :

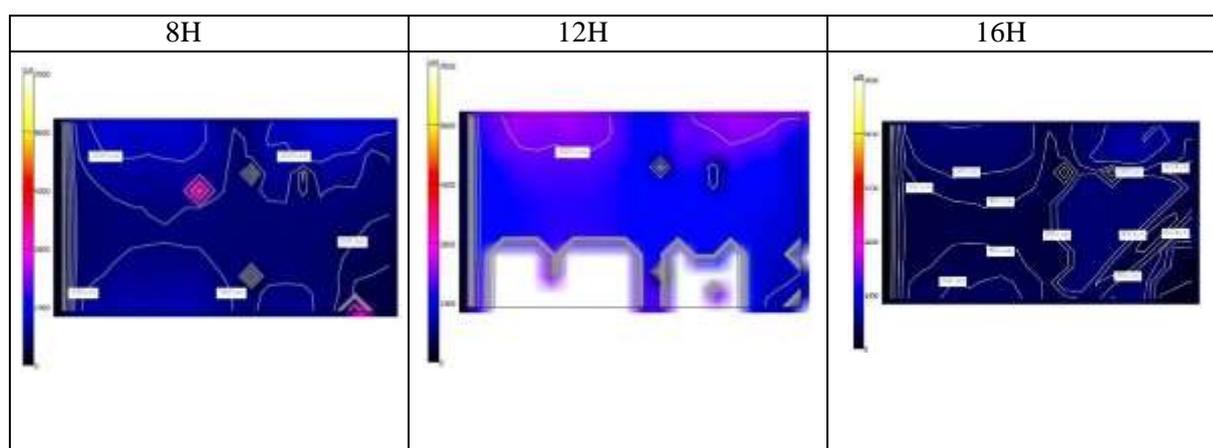


Tableau 04 : la simulation dans la salle 05 Bloc D pour la période 21 décembre. Source : auteur.2021

A 8h : dans cette période de la journée, une faible concentration d'éclairage à proximité des baies, et le reste de salle est sombre. La lumière de jour est insuffisante (hors norme) pour assurer un éclairage adéquat.

A 12h : pour l'après midi, les taches solaire sont augmenté par rapport au RDC, et les zones à proximité des baies orienté au nord sont plus éclairé par rapport au reste de salle.

A 16h : les valeurs d'éclairage sont très basses dans cette période de l'après-midi (hors norme), et pour garanti un éclairage adéquat, le recours à l'éclairage artificielle est recommandé.

Période de simulation : 21 juin :
BLOC C1 (orienté est) Salle N°05 ETAGE :

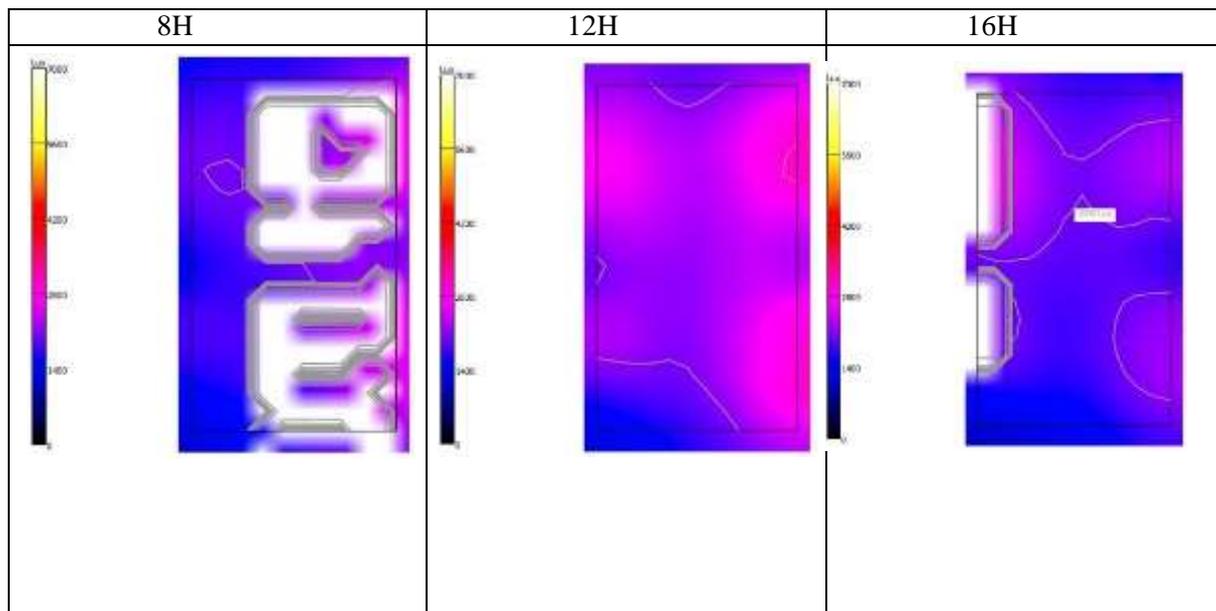


Tableau 05 : la simulation dans la salle 05 Bloc C1 pour la période 21 Juin. Source : auteur.2021

A 8h : les taches solaires longent presque la totalité de la salle ce qui assure des niveaux d'éclairage plus élevés par rapport aux normes souhaitées, avec la présence d'un fort risque d'éblouissement. Tandis que la partie à proximité de la baie orientée à l'ouest est moins éclairée.

A 12h : nous avons remarqué une concentration de l'éclairage dans les parties proches des baies (orientées est et ouest)

A 16h : dans cette période de la journée, nous remarquons la présence de taches solaires à proximité de la baie orientée à l'ouest, une faible concentration d'éclairage à côté de la baie orientée à l'est, et le reste de la salle est d'un éclairage insuffisant (hors norme).

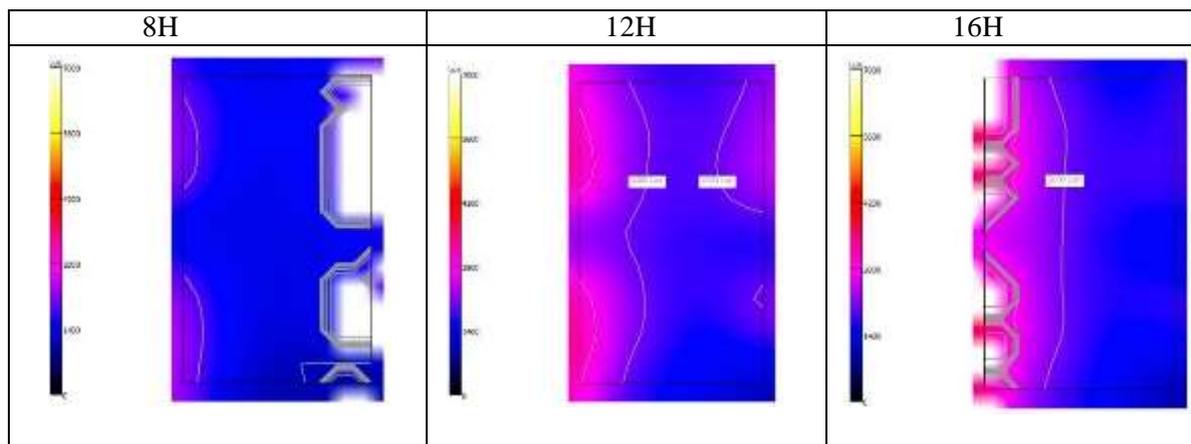
BLOC C3 (orienté ouest) Salle N°02 RDC :

Tableau 06 : la simulation dans la salle 02 Bloc C3 pour la période 21 Juin. Source : auteur.2021

A 8h : Les valeurs d'éclairement sont élevées (hors norme) à proximité de la baie orienté à l'est, à cause de la présence de taches solaire, un effet d'éblouissement considérable visible sur les plans de travail, et diminue en s'éloignant, nous avons remarqué aussi une légère concentration d'éclairement a 1m de baies orienté à l'ouest.

A 12h : à midi, une forte concentration de l'éclairement lumineux à proximité des baie orienté à l'ouest, une faible concentration à coté de baie orienté à l'est, et un éclairement insuffisant dans le reste de salle.

A 16h : à cette heure, la salle est divisée en deux parties, une partie à proximité de baie orienté à l'ouest très éclairée avec une présence de taches solaires, et une partie mal éclairé avec un éclairement insuffisant.

BLOC C3 (orienté à l'ouest) Salle N°05 ETAGE :

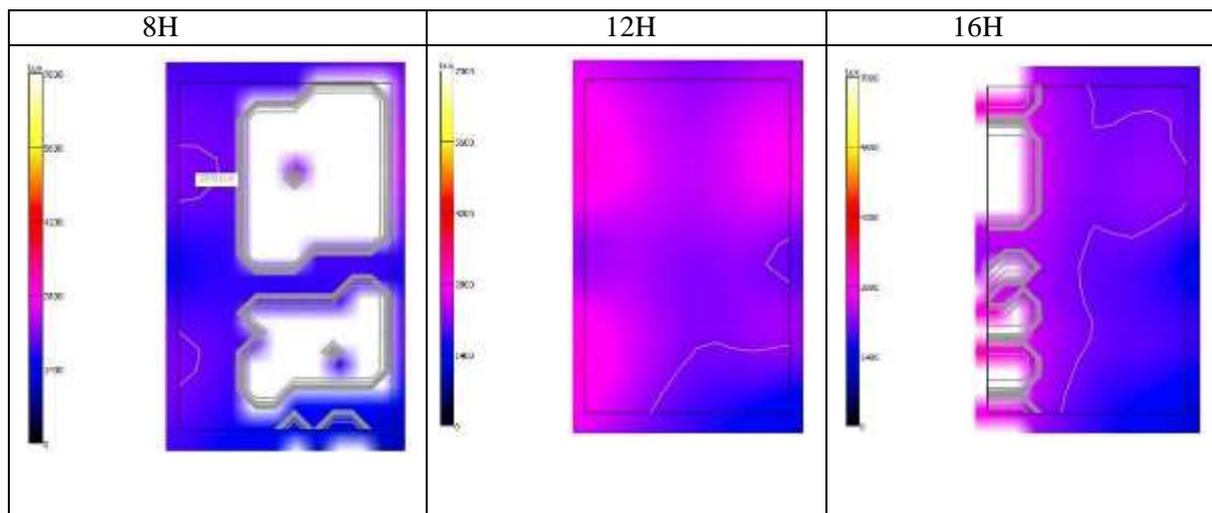


Tableau 07 : la simulation dans la salle 05 Bloc C3 pour la période 21 Juin. Source : auteur.2021

À 8h : la salle est très éclairé coté est et au centre avec un risque fort d'éblouissement, à cause de la présence de taches solaires.

A 12h : dans cette période de la journée, les niveaux d'éclairément sont élevés à côté des baies, et diminuer en s'éloignant.

A 16h : nous avons remarqué une partie très éclairée à proximité de la baie orientée à l'ouest avec la présence des taches solaires, puis la diminution de niveaux d'éclairément en s'éloignant.

BLOC D (LABO) (orienté au sud) Salle N°05 ETAGE :

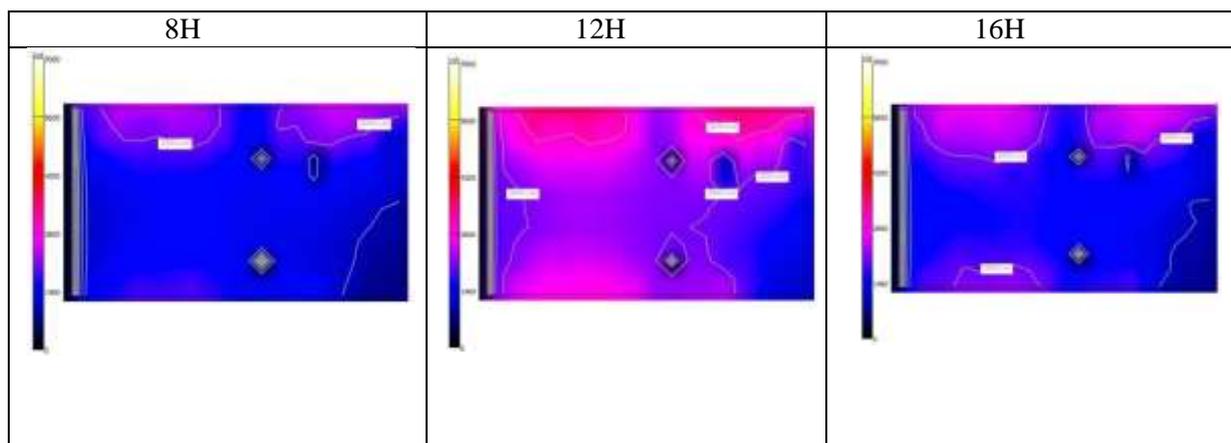


Tableau 08 : la simulation dans la salle 05 Bloc D pour la période 21 Juin. Source : auteur.2021

A 8h : les valeurs d'éclairément sont un peu élevées à côté des baies orientées au nord, et ces valeurs diminuées en s'éloignant et on remarque la présence d'une partie sombre au fond de la salle. Ce qui crée un contraste.

A 12h : A midi, les valeurs d'éclairement augmentent par rapport à la période matinale, et nous avons remarqué une forte concentration d'éclairement a côté des baies (l'absence des taches solaires).

A 16h : dans cette période de la journée, les valeurs d'éclairement sont presque les mêmes qu'à la période de la matinée, avec une légère augmentation.

21 SEPTEMBRE /MARS :

BLOC C1 (orienté à l'est) Salle 02 RDC :

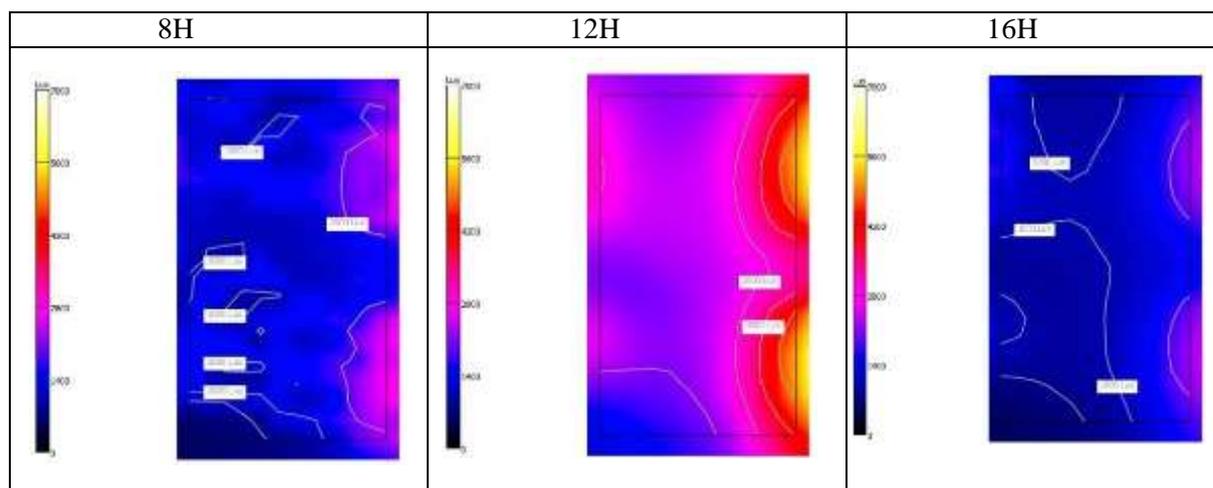


Tableau 09 : la simulation dans la salle 02 Bloc C1 pour la période 21 sept/mars. Source : auteur.2021

A 8H : dans la matinée, nous remarquons que les zones à côté des baies orientées à l'est sont plus éclairées par rapport au reste de salle, avec un faible risque d'éblouissement sur les plans de travail.

A 12h : à midi, une forte concentration d'éclairement à côté des baies orienté à l'est sans la présence des taches solaires sur les plans de travail, avec un fort risque d'éblouissement.

A 16h : l'après-midi, nous remarquons une diminution des valeurs d'éclairement par rapport à midi. Une faible concentration d'éclairement a côté des baies orienté à l'est et le reste de salle est sombre. (Éclairage naturelle insuffisant, donc on doit faire un recours à l'éclairage artificielle)

BLOC C3 (orienté à l'ouest) Salle 02 RDC :

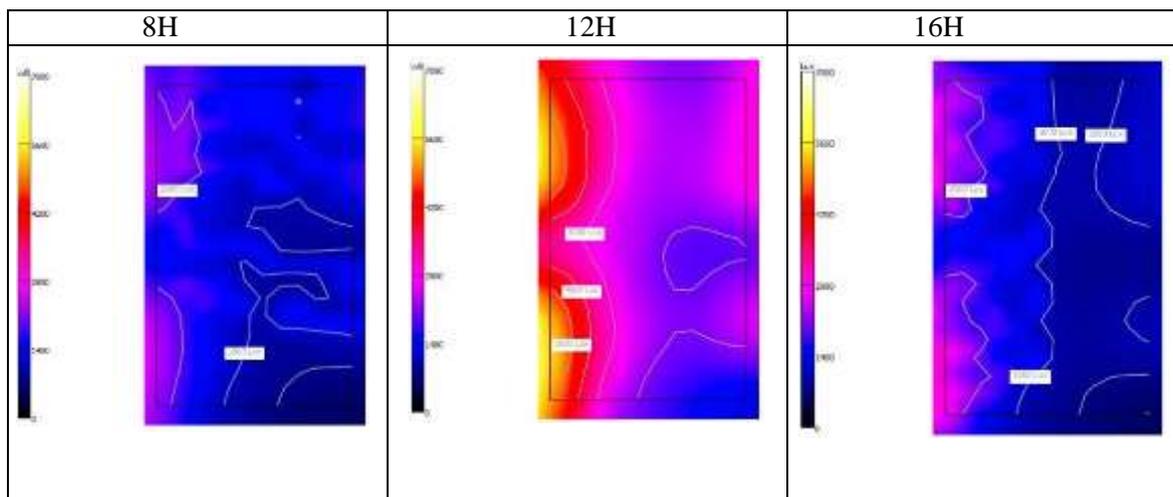


Tableau 10 : la simulation dans la salle 02 Bloc C3 pour la période 21 sept/mars. Source : auteur.2021

A 8h : une faible concentration d'éclairage côté ouest, et on éloignant, la salle devient sombre.

A 12h : une forte concentration d'éclairage dans les zones à proximité des baies orienté à l'ouest, le reste de salle est bien éclairée (dans les normes).

A 16h : nous avons remarqué que, les zones à proximité de la baie orientée à l'ouest sont très éclairées, puis la diminution des valeurs d'éclairage en s'éloignant de la baie.

BLOC D (LABO) (orienté au sud) Salle 05 ETAGE :

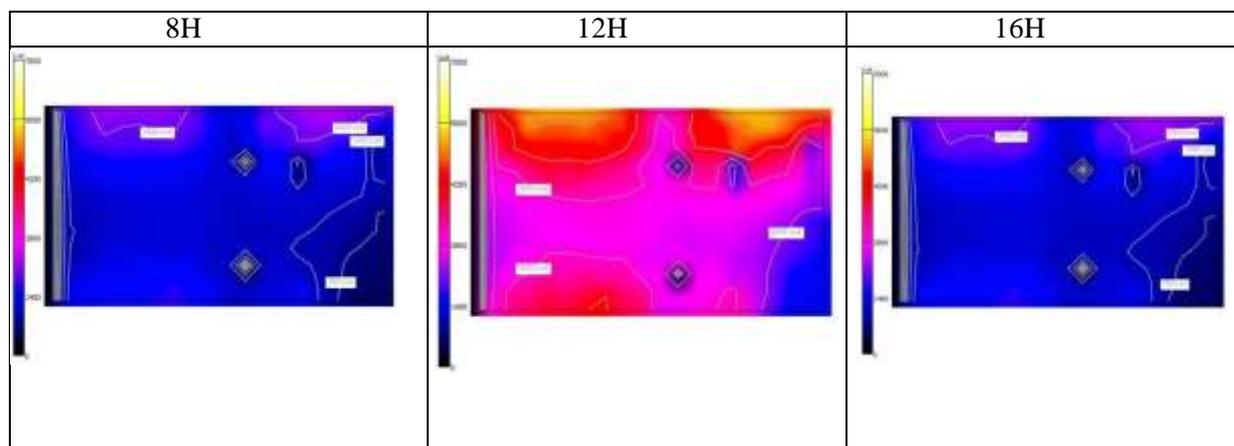


Tableau 11 : la simulation dans la salle 05 Bloc D pour la période 21 sept/mars. Source : auteur.2021

A 8h : une faible concentration d'éclairage a côté des baies, le centre de salle est sombre, et le recours à l'éclairage artificiel est nécessaire pour couvrir ce manque.

A 12H : une forte concentration d'éclairage à proximité des baies sans les présences des taches solaire, avec un risque fort d'éblouissement. Le reste de la salle est bien éclairé (dans les normes).

A 16h : les valeurs d'éclairement dans cette période sont les mêmes que la période de la matinée.

Synthèse :

Au vu des résultats obtenus, nous avons constaté que, la lumière naturelle est insuffisante en hiver, pour toutes les salles, dans toutes les périodes de la journée, et le recours à l'éclairage artificiel est obligatoire. Nous avons remarqué aussi la présence de taches solaires dans les salles orientées au sud dans la période de midi malgré l'existence de masque solaire (galerie), (en hiver, à midi, l'attitude du soleil est basse, ce qui permet la pénétration des rayons solaires dans la salle).

La présence de taches solaires dans les salles orientées à l'est et à l'ouest en été, dans la période de la matinée et la période de l'après-midi bien qu'il y ait des brises solaires, ce qui provoque les risques d'éblouissement et des fatigues visuelles.

En mi saison, des niveaux d'éclairement très élevés sans la présence de taches solaires dans toutes les salles à midi, avec un aspect de gêne visuelle. Et pour la période matinale et l'après-midi, l'éclairage naturel est insuffisant pour assurer un éclairage adéquat, et le recours à l'éclairage artificiel est recommandé pour couvrir ce manque.

3. La simulation avec les avancées construites horizontale (extensible) :

Nous avons refait la simulation avec des avancées extensibles, pour une seule salle de classes qui a une orientation défavorable (orienté à l'est), dans la période d'été (période défavorable), afin de résoudre les problèmes liée à l'éclairage naturelle.

Bloc C1 (orienté à l'est) salle 05 étage :
21 juin à 8h :

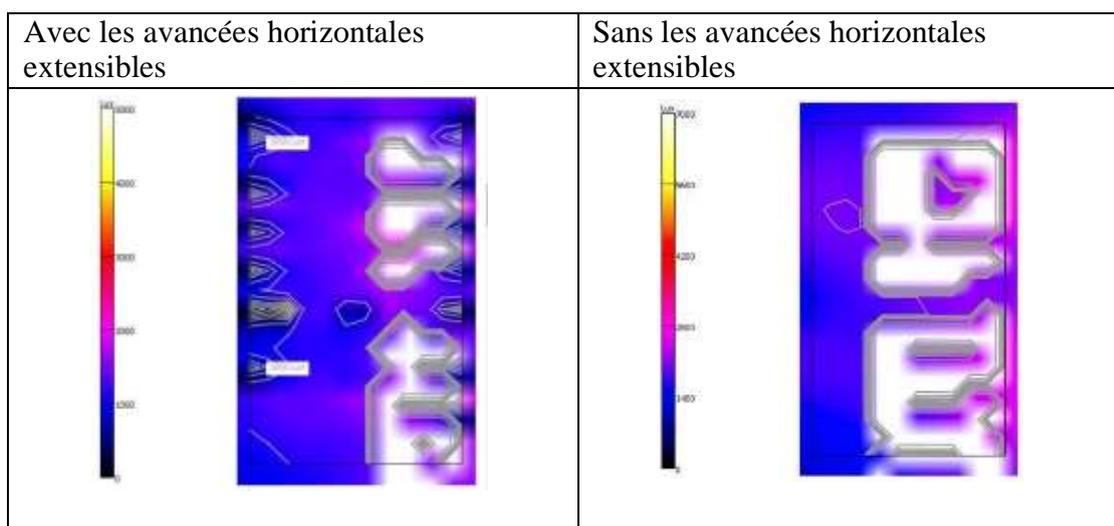


Tableau 12 : la simulation dans la salle 05 Bloc C1 pour la période 21 Juin avec et sans les avancées horizontales (extensibles). Source : auteur.2021

En comparons les résultats, nous avons constaté que les taches solaire dans la salle avec les avancées horizontale occupent moins d'espace par rapport à la salle sans les avancées horizontale.

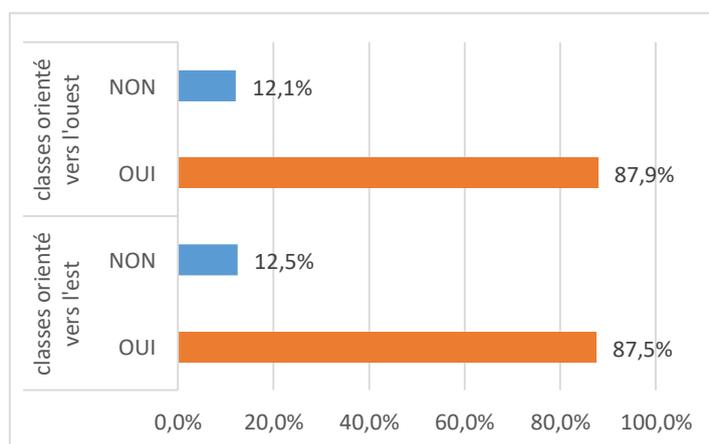
Synthèse :

Les résultats de simulation ont indiqué que les avancées horizontales extensibles et une des solutions envisageables pour réduire l'effet des rayons solaires directes dans les salles de classe. Mais elle n'est pas la plus efficace vu qu'il existe toujours des taches solaires à l'intérieur, donc il est préférable l'usage des rideaux comme les stores vénitiens pour éviter les rayons solaires directes.

2/ Etude qualitative du confort visuel dans les salles de classe de lycée Sidi Ali Labhar :

Nous allons présenter les résultats de l'enquête que nous avons faite au lycée Sidi Ali Labhar, nous avons pris que les résultats que nous intéresse, et pour le reste, il est en annexe.

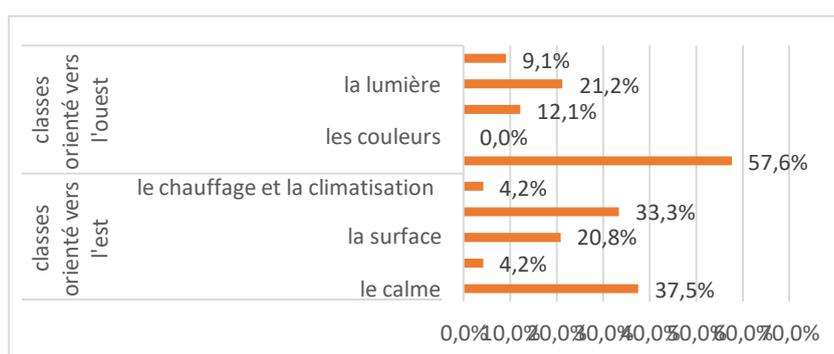
Appréciation des études dans les salles de classes de lycée :



Graph 01 : l'appréciation d'étudier des élèves dans les salles de classes. Source : auteur.2021

D'après le Graphe, pour les salles orienté vers l'est, 88% des élèves ont montré leurs appréciations, en revanche, 12% des élèves ont exprimé leurs mécontentements. Et c'est le cas aussi pour les salles orienté vers l'ouest.

La sensation du bien être dans une salle de classe :



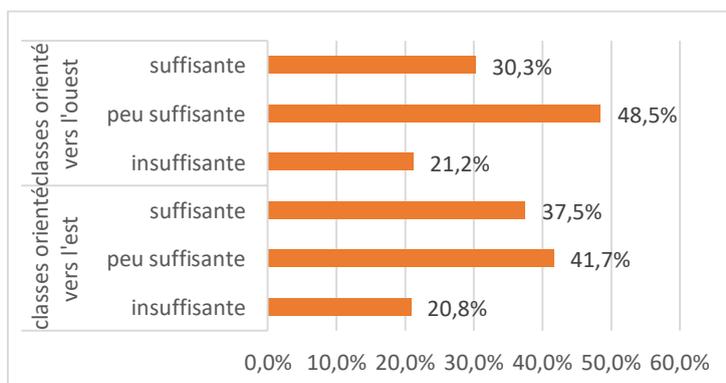
Graph 02 : La sensation de bien-être dans les salles de classes. Source : auteur.2021

Le Graphe montre que les élèves de salles orientées vers l'est et l'ouest, confirment que les éléments essentiels pour la sensation de bien-être sont le calme et la lumière ainsi que la surface de la salle, sans nier l'importance des couleurs , chauffage et climatisation, malgré que

ces dernier sont des exigences à prendre en considération dans les établissements éducatifs, mais les élèves ont préféré la présence de la lumière.

Evaluation de la lumière naturelle dans les salles de classe durant les saisons :

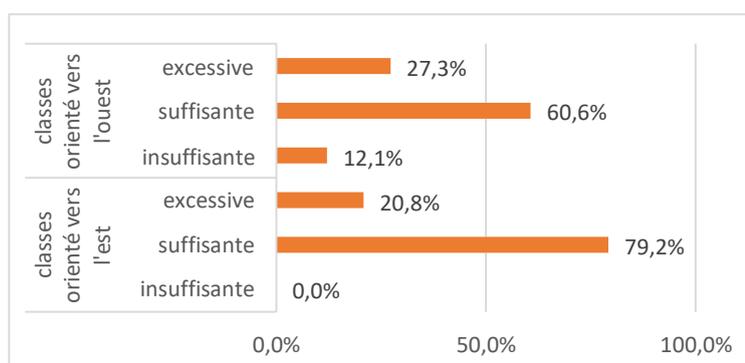
En hiver :



Graphique 03: Evaluation de la lumière naturelle en hiver. Source : auteur.2021

Selon le Graphique, pour les salles orientées vers l'est, les réponses sont de taux très rapprochés entre ceux qui la considèrent suffisantes ou peu suffisantes. Et pour les salles orientées vers l'ouest la lumière naturelle est considérée comme peu suffisante jusqu'à 48% des réponses.

En été :

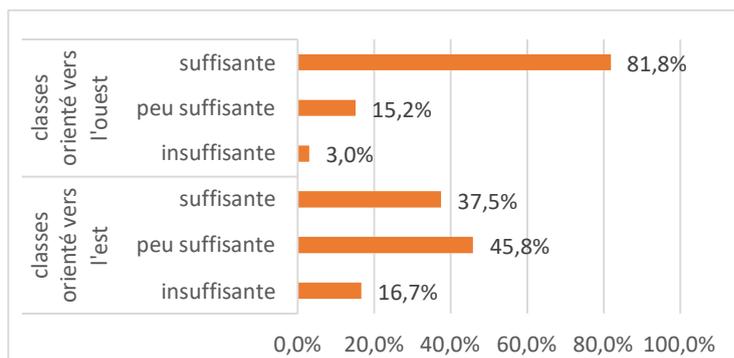


Graphique 04: Evaluation de la lumière naturelle en été. Source : auteur.2021

Le Graphique nous montre que, pour les salles orientées vers l'est, 79% des élèves ont considéré que la lumière naturelle est suffisante en été. En revanche, 21% ont la considérée excessive.

Et pour les salles orientées vers l'ouest la lumière naturelle est considérée comme suffisante jusqu'à 61% des réponses. Et que 27% des élèves considèrent la lumière excessive.

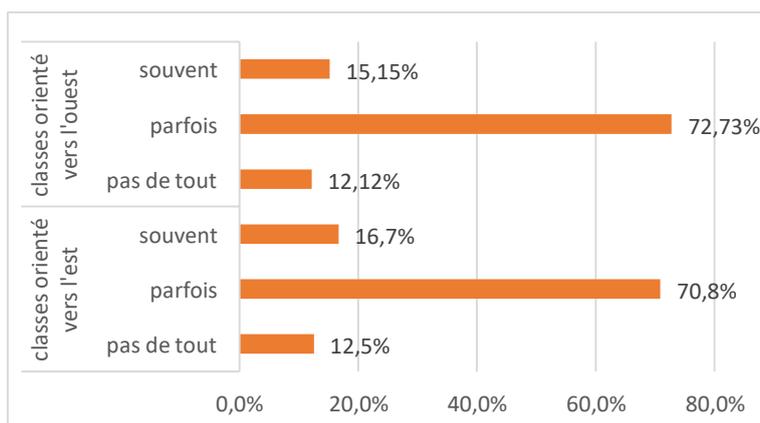
En mi saison :



Graphe 05: Evaluation de la lumière naturelle en mi- saison. Source : auteur.2021

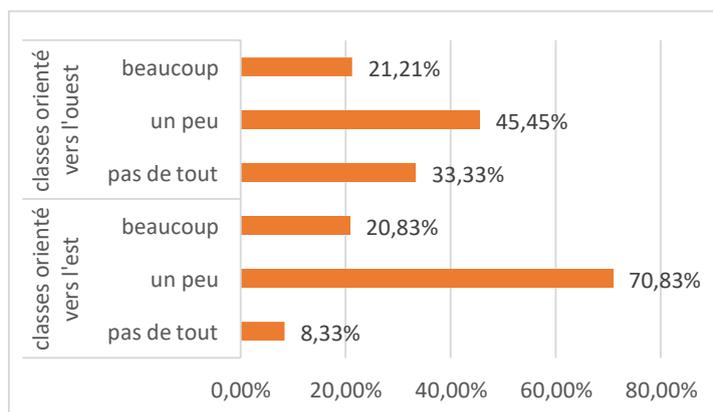
Les résultats nous montrent que les réponses des élèves de salles orientées vers l’est sont de taux très rapprochés entre ceux qui considère la lumière naturelle en mi saison suffisantes ou peu suffisante. Et pour les salles orientées vers l’ouest, la plupart des élèves ont la considéré suffisante.

Présence, effets de taches solaires sur les tables et l’usage de protection solaire :



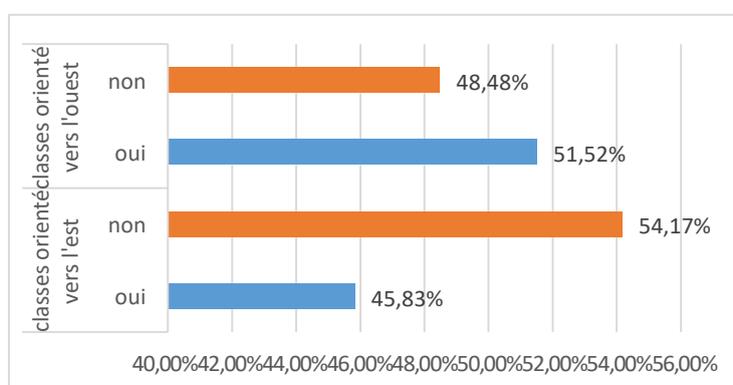
Graphe 06: répartition des élèves selon la présence de taches solaire. Source auteur.2021

Les résultats nous montrent que la majorité des élèves de salles orientées vers l’est et l’ouest ont exprimé la présence des taches solaires sur leurs tables, avec des pourcentages de 70% et 73%.



Graph 07: répartition des élèves selon le genre de la présence des rayons solaires directs. Source auteur.2021

Et d'après ce graphique, on remarque que la présence des taches solaires sur les tables gêne un peu les élèves pour effectuer leurs travail.

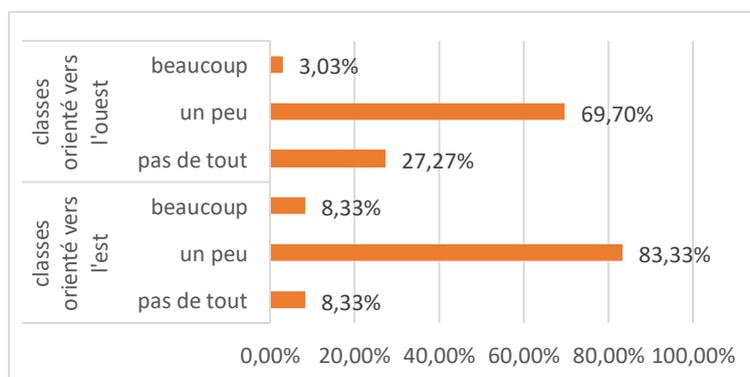


Graph 08: répartition des élèves selon l'usage de la protection solaire. Source : auteur.2021

ce graphique montrent que, la plupart des élèves de salles orientées vers l'est, ne veulent pas contrôler la pénétration des rayons solaires dans leurs salles, avec un pourcentage de 54%.

Et pour les élèves de salles orientées vers l'ouest, 52% étaient pour le contrôle de la lumière par l'utilisation des systèmes de protection solaire comme les brises solaires, les rideaux...

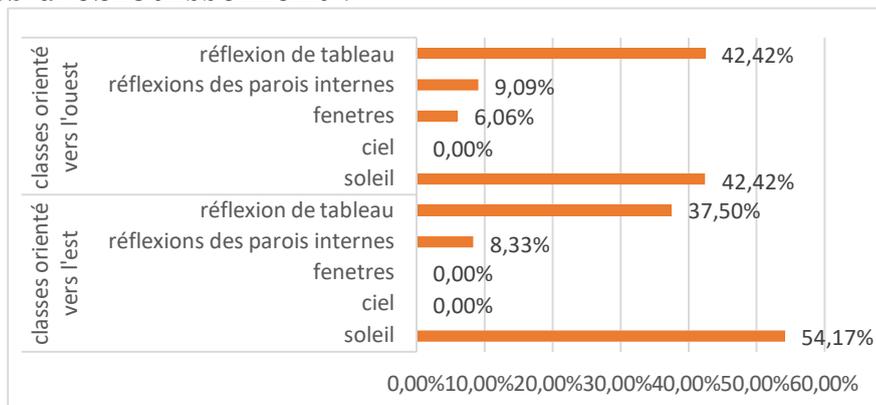
L'éblouissement des rayons solaires :



Graph 09: répartition des élèves selon le genre de l'éblouissement des rayons solaires. Source : auteur.2021

Selon le graphe, la plupart des élèves dans les salles orienté vers l’est et même celles orienté vers l’ouest souffrent un peu de l’éblouissement des rayons solaires avec des pourcentages de 70% et 83%.

Les sources d’éblouissement :

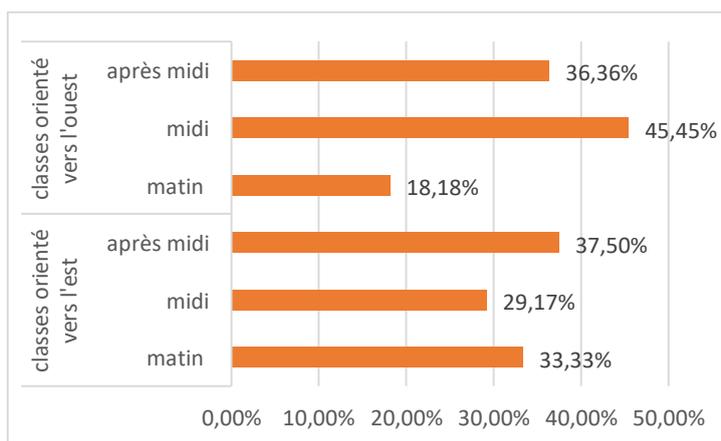


Graphe 10: répartition des élèves solen les sources de l’éblouissement des rayons solaire. Source : auteur.2021

D’après le graphe, on remarque que, pour les salles orientées vers l’est, 54% des réponses indiquent que la source de l’éblouissement est liée au soleil en revanche 38% des réponses citent la réflexion de tableau comme source de l’éblouissement.

Pour les salles orientées vers l’ouest, la source de l’éblouissement est liée au soleil et à la réflexion de tableau et ce avec le même taux qui est 42%

Période de la journée défavorable de pénétration de la lumière naturelle :

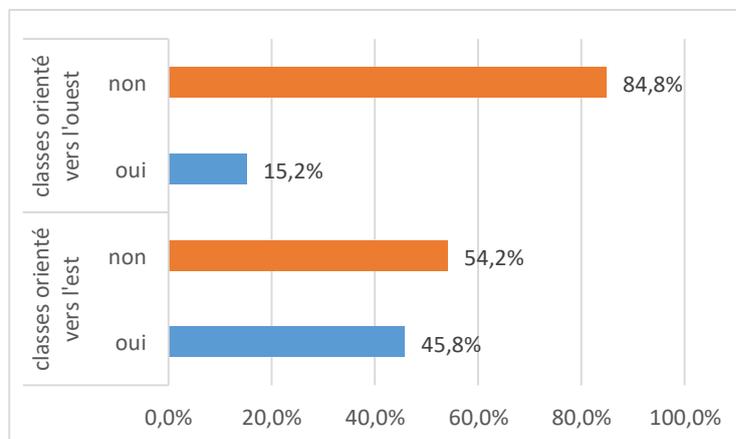


Graphe 11: Périodes par heure de journée défavorables de la pénétration de la lumière naturelle. Source : auteur.2021

Les réponses des élèves montrent que les périodes les plus défavorables pour les salles orientées vers l’est sont le matin à 34% et l’après-midi à 37%, à cause des rayons solaires qui pénètrent directement dans les salles (éclairage bilatérale). Et pour les salles orienté vers

l'ouest, les périodes les plus défavorable sont midi à 45% et l'après-midi à 36% pour la même raison.

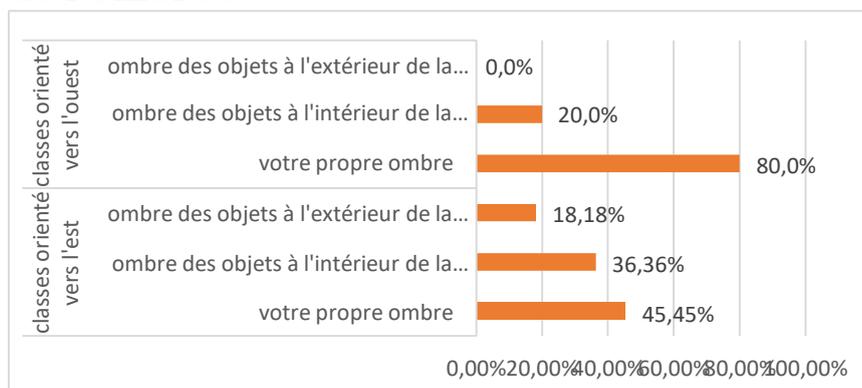
L'apparition des traces d'ombre gênant sur le plan de travail :



Graphe 12: L'apparition des traces d'ombre gênant sur le plan de travail. Source : auteur.2021

Le graphe nous montre que, pour les classes orientées vers l'est, seul 45% des élèves ont remarqué l'apparition des traces d'ombre gênant sur leurs plans de travail, tandis que 54% des élèves n'ont pas remarqué l'apparition de ces ombres. Et pour les salles orientées vers l'ouest, la plupart des élèves n'ont pas remarqué l'apparition des ombres gênant avec un pourcentage de 85%.

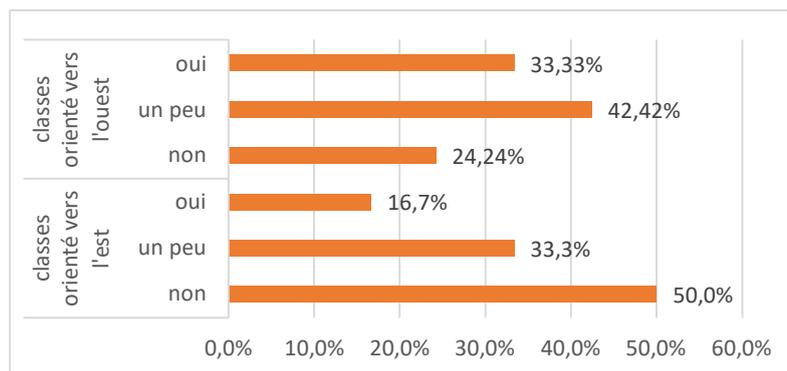
La source de l'ombre :



Graphe 13: répartition des élèves selon les sources de l'ombre. Source : auteur.2021

Pour la plupart des élèves qui ont remarqué l'apparition des ombres gênant dans les salles orienté vers l'ouest, la source de l'ombre est leurs propres ombres avec un pourcentage de 80%, et pour les salles orientées vers l'est, les sources de l'ombre selon les élèves est leurs propres ombres à 45% et l'ombre des objet à l'extérieur à 36%.

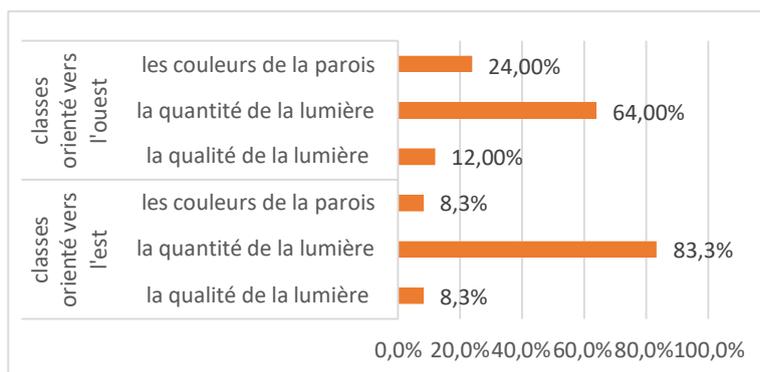
La fatigue visuelle et ses causes :



Graphe 14: répartition des élèves selon la sensation de Fatigue visuelle. Source : auteur.2021

Les résultats du graphe, montrent que 50% des élèves de salles orientées vers l'est n'ont pas ressenti la fatigue visuelle, 33% ont la ressenti un peu et seul 17% qui ont vraiment ressenti cette fatigue.

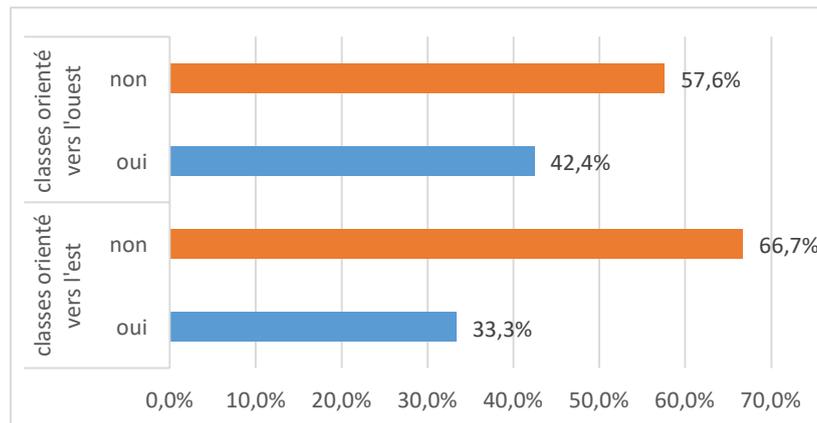
Pour les élèves de salles orienté vers l'ouest, la plupart ont ressenti la fatigue visuelle, et que 24% qui n'ont pas ressenti.



Graphe 15: répartition des élèves selon les causes de la fatigue visuelle. Source : auteur.2021

Pour la plupart des élèves, les causes de cette fatigue visuelle sont dues à la quantité de la lumière pénétrante, avec des pourcentages de 83% et 64%

L'influence de la qualité de l'environnement lumineux sur les capacités intellectuelles des élèves :



Graph 16: répartition des élèves selon l'influence de l'environnement lumineux sur la capacité intellectuelle.
Source : auteur.2021

D'après ce graphique, la plupart des élèves dans toutes les salles affirment que la qualité de l'environnement lumineux n'influe pas sur leurs capacités intellectuelles.

Synthèse :

L'enquête par questionnaire nous a permis de savoir le niveau de satisfaction et les préférences des élèves à propos de la qualité de l'éclairage naturelle dans leurs salles de classes. Et d'après leurs réponses nous avons constaté que :

La lumière naturelle est peu suffisante en hiver dans les salles orientées à l'est et à l'ouest ce qui nécessite le recours à l'éclairage artificiel. En été, la lumière naturelle est considérée comme suffisante, et la majorité des élèves ont exprimé leur sensation d'inconfort à cause de la présence des taches solaires sur les plans de travail. Et pour le mi saison, la lumière naturelle est jugée suffisante pour les salles orientées à l'ouest, et peu suffisante dans les salles orientées à l'est dans certaines périodes de la journée.

Cette enquête nous a permis de confirmer la simulation avec le logiciel Archiwizard concernant la quantité de la lumière naturelle pénétrante dans toutes les saisons et l'existence des situations d'inconfort et de gêne visuelle.

Les recommandations :

Cas d'étude :

D'après l'étude que nous avons faite sur le lycée de Sidi Ali Labhar, nous avons déduit que le lycée a des réels problèmes d'inconfort, comme la présence de taches solaires à l'intérieur des salles de classes et l'éblouissement qui influe négativement sur le rendement des élèves, et ces problèmes sont liés aux orientations des blocs (est / ouest) qui sont considérés défavorables. Vu que nous ne pouvons pas changer l'emplacement des blocs donc nous avons procédé à

faire des actes chirurgicaux pour résoudre ces problèmes. Les solutions que nous proposons c'est l'usage des avancées construites horizontales. Vu que les brises solaires verticales n'ont pas pu assurer un environnement lumineux confortable, ces dispositifs sont extensibles, ça veut dire démontables, nous pouvons les contrôler selon nos besoins en lumière. Et l'usage des stores vénitiens qui est considéré la meilleure solution, vu qu'ils peuvent arrêter la pénétration des rayons solaires à l'intérieur mais ils permettent la pénétration de la lumière naturelle.



Figure 01 : les avancées extensibles.

Source : <https://www.archiexpo.fr/prod/merlo/product-55355-859946.html>



Figure 02: Les stores vénitiens.

Source : <https://www.ruedustore.fr/blog/store-venitien-aluminium-pour-pieces-modernes/>

Globale :

Pour résoudre les problèmes de l'éclairage naturel, il faut d'abord contrôler la lumière naturelle, pour éviter les rayons solaires directs (les taches solaires) à l'intérieur des salles de classes, et laisser uniquement la pénétration de la lumière, une hypothèse qui est confirmée. Ensuite, il faut également améliorer la qualité de l'éclairage naturel en assurant un éclairage adéquat, sans les risques de l'éblouissement.

Les recommandations que nous proposons sont les suivantes :

- L'orientation joue un rôle fondamentale dans la notion de l'éclairage naturel. Les orientations est et ouest sont les orientations les plus défavorables et de préférence les éviter car elles présentent plusieurs problèmes (rayons solaires directs, éblouissement, surchauffes...), et les bonnes orientations surtout pour les salles de classe sont le nord et sud, On pourrait même orienter vers le nord-est ou le nord-ouest, pour profiter de soleil de matin plus longtemps.
- Implantation des arbres comme protection solaire, par exemple, les arbres à feuilles caduques qui protègent l'espace contre les rayons solaires directs en été, et laisser le soleil pénétrer en hiver.
- L'éclairage bilatéral est le plus préféré pour les salles de classe, parce qu'il équilibrera l'éclairage, réduira le contraste entre les ouvertures et les murs, et assurera une bonne uniformité.
- utilisation des couleurs claires et éviter les couleurs sombres à l'intérieur des salles de classes pour obtenir un éclairage adéquat dans toutes les zones de la salle.

Conclusion :

La simulation numérique nous a permis d'affirmer les résultats de questionnaire et les prises de mesures sur le niveau de confort visuel, et de déduire les périodes les plus défavorables dans l'année (ce que nous ne pouvons pas déduire avec les résultats de mesure in situ), dont elle indique l'insuffisance de la lumière naturelle durant certaines périodes de la journée en hiver et en mi-saison, ce qui provoque des problèmes d'inconfort en raison du manque de visibilité. Elle indique aussi la présence d'une grande quantité de lumière avec des taches solaires sur les plans de travail en été malgré l'existence des brises solaires, ce qui engendre des risques d'éblouissement et des fatigues visuelles, qui influent négativement sur les élèves, une hypothèse que nous affirmons.

Chapitre V:

Application de la recherche sur le projet de fin d'étude.

Introduction :

Dans la partie précédent de recherche, nous avons essayé de tutoyé les concepts de la lumière naturelle dans les établissements scolaire, de connaitre quelle sont les principes, les caractéristique qui vont nous permettre d’avoir une bonne ambiance, qui permet à l’élève d’être épanouie dans son milieu. Dans ce présent chapitre, nous allons prendre tous les acquis que nous avons eu de la partie précédent comme acquis, et on va essayer par la suite de les appliqué au niveau de notre projet de fin d’étude.

Le choix de projet :

Comme le site que nous avons choisi ne possède aucun équipement éducatif public, et suite à notre recherche sur le confort lumineux dans les espaces scolaire, et vu que notre cas d’étude est un lycée, cela nous a incités à choisir un lycée comme projet de fin d’étude plus précisément un lycée technologique qui prépare les élèves au baccalauréat de la voie technologique qui est organisée par plusieurs domaines comme: la santé, l'industrie et le développement durable, les biotechnologies, etc. ce lycée est d’une capacité d’accueil de 1000 places pédagogiques.

I. Analyse des exemples :

Le lycée de Sidi Ali Labhar (cas d’étude) est un exemple aussi mais il est analysé d’une manière technique, ou nous avons analysé le comportement par le soleil, l’éclairage naturel dans les salles de classe, la fonction..., et pour tous ce qui est traitement architectural, techniques de confort, nous avons analysé deux exemples internationaux.

Exemple 01 : Lycée de Robert Schuman Charenton

1. Présentation du projet :

- **Nom du lycée :** Robert Schuman charenton
- **Adresse :** 2 Rue de l’Embarcadère 94220 Charenton le Pont
- **Dates de conception, de réalisation et d’ouverture :** 2009
- **Surface :** 8 232 m² SHON (lycée : 7 514 m² / logements : 718 m²)
- **Maîtrise d’ouvrage :** Région Île-de-France
- **Entreprise générale :** Urbaine de Travaux
- **L’importance du projet :** territoriale

2. Plan de situation :

Le lycée Robert Schuman situé dans un tissu urbain dense à proximité de Paris plus exactement dans la Rue de l'Embarcadère, 94220 Charenton-le-Pont, France. Le lycée bénéficie d'une bonne accessibilité.



Figure 01 : Situation du lycée Robert Schuman / Photo aérienne. Source : <http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/MONO-UR-2011-BATEX-Schuman-print.pdf>

3. Plan de masse du lycée :

Le terrain est de forme triangulaire, délimité par une voie ferrée et une autoroute, il est relié au centre-ville par une passerelle. Des blocs sous forme de triangle autour de la cour centrale. Un parking en sous-sol, réservé au personnel qui habite dans les logements de fonction.



Figure 02 : Plan masse du lycée. En haut de l'image, la passerelle reliant le lycée au centre-ville. Source : Epicuria architecture

4. Etude de plans:

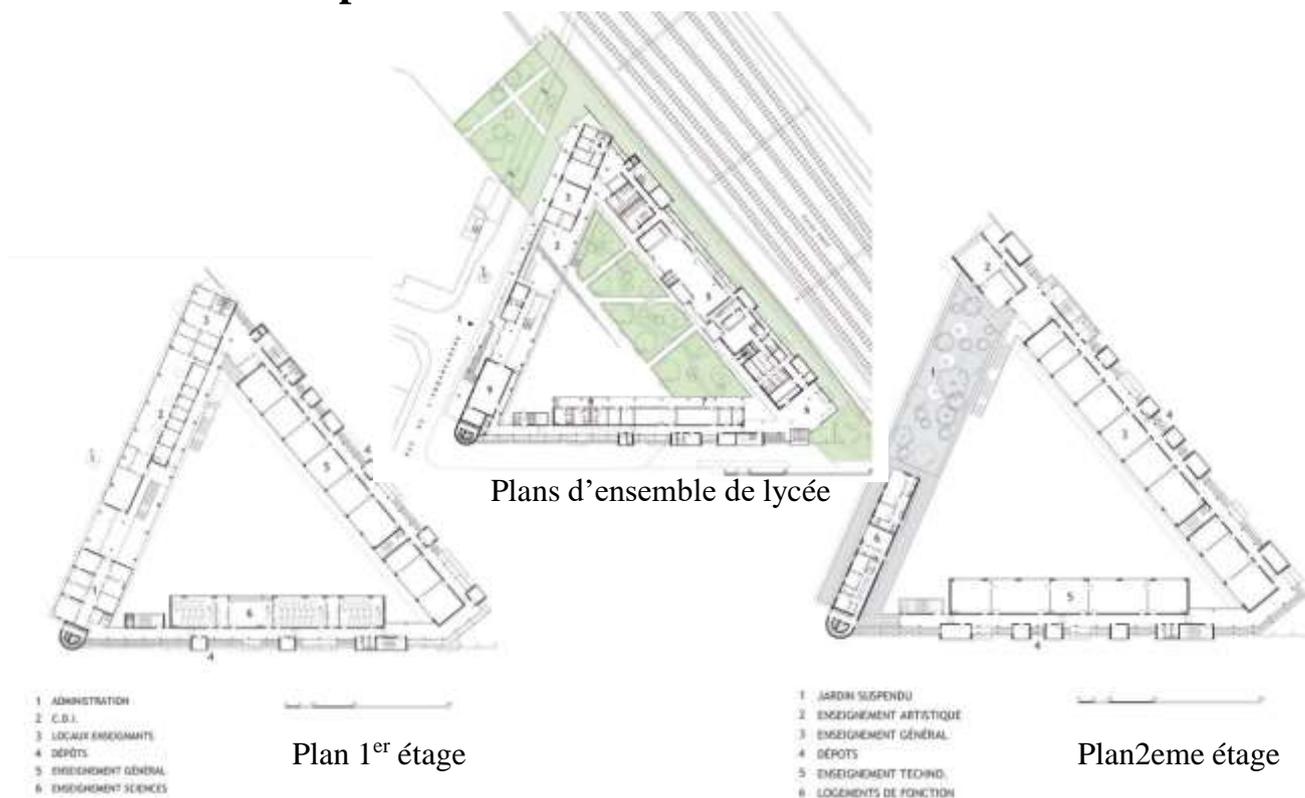


Figure 03 : les différents plans de lycée. Source : <http://www.urbanisme.puca.gouv.fr/IMG/pdf/MONO-UR-2011-BATEX-Schuman-print.pdf>

Traitement de façades :

Une double peau vitrée sur les façades extérieures pour éviter les nuisances sonores.



Figure 04: Façade extérieur de lycée. Source : <http://www.urbanisme.puca.gouv.fr/IMG/pdf/MONO-UR-2011-BATEX-Schuman-print.pdf>

Exemple 02 : Lycée Sampaix Roanne: Lycée professionnel certifié HQE®

1. Présentation du projet :

- **Maitrise d'ouvrage:** conseil régionale de Rhône-Alpes
- **Cout de l'opération:** 12,6 M\$ HT
- **Surface :** 10316 m2 Shon
- **Maitrise d'œuvre:** -architecte: TEKHNE
 - BET acoustique : EAI
 - BET structure : AGIBAT
 - Economiste : DENIZOU
- **Le lycée offre 03 formations professionnelles:**
 - maintenance des équipements industrielle
 - maintenance des véhicules automobiles
 - conduite de transport routier et marchandises
- **HQE 10/11 Lycée lumineux et économe en énergie**

2. Situation de lycée :

Le lycée est situé à Roanne, une commune française située dans le département de la Loire, en région Auvergne-Rhône-Alpes.



Figure 05 : plan de situation lycée Sampaix Roanne. Source : Google Maps

3. Plan de masse :

Le projet est intégré dans un milieu urbain. L'accès principal se fait par un portique de sécurité accessible avec les cartes des étudiants, et un garage sécurisé pour les véhicules à deux roues. Le projet occupe 40% de la surface totale de site

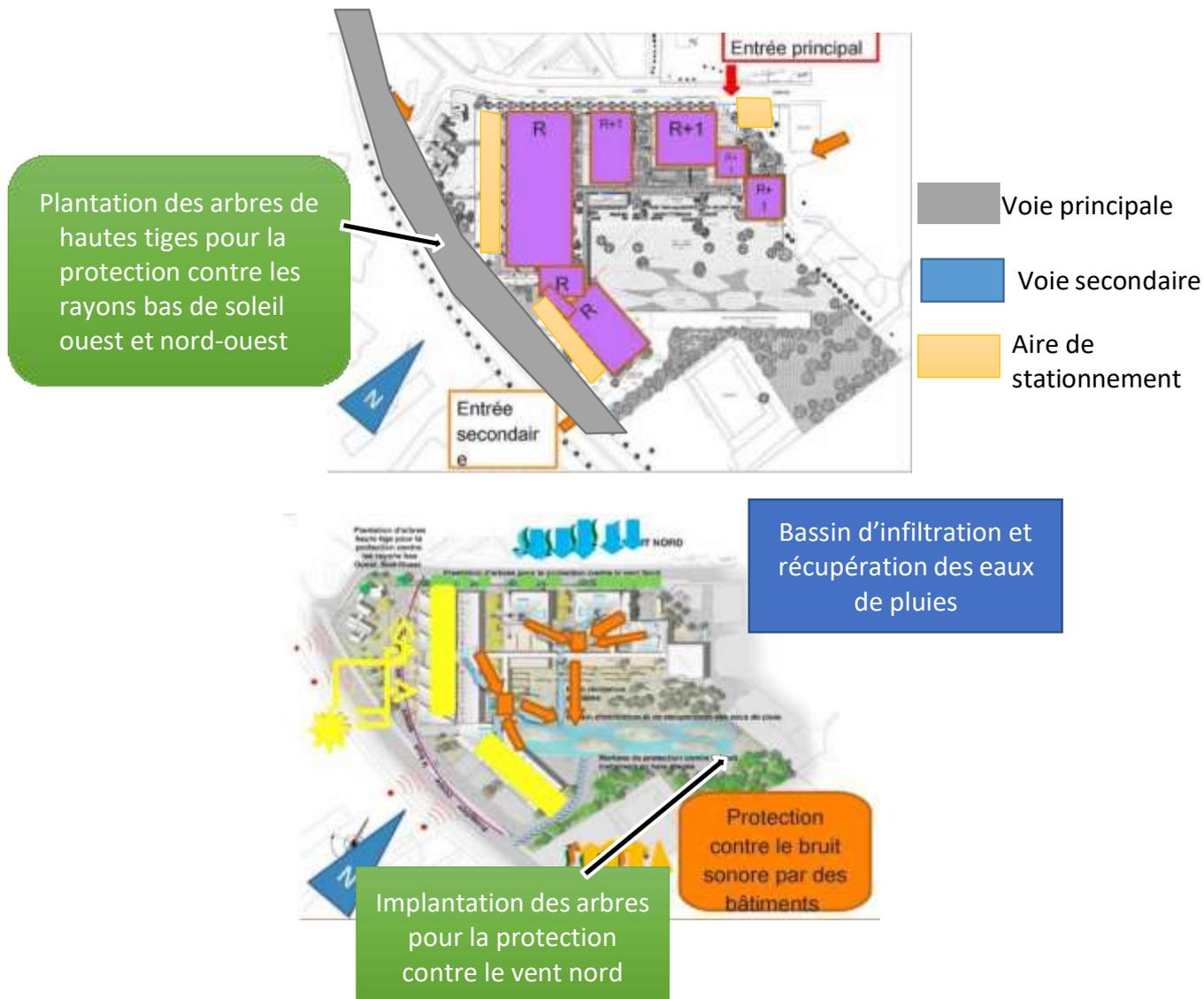


Figure 06 : plan de masse de lycée Sampaix Roanne. Source : <http://p.calameoassets.com/1311132256373e9972ac15d81042a88ab1f7bffc265/p1.jpg>

4. Etude de plans:

Emplacement des espaces bruyant (atelier) coté boulevard, et les espaces calme côté rue. Au centre de chaque pole, un patio qui assure à la fois un bon niveau d'éclairage naturel et une décharge thermique nocturne l'été.



Figure 7 : plan d'ensemble de lycée Sampaix Roanne. Source : <http://p.calameoassets.com/1311132256373e9972ac15d81042a88ab1f7bffc265/p1.jpg>

Synthèse :

- ✓ Une bonne conception en harmonie avec son environnement.
- ✓ Favorisation de lumière naturelle à l'intérieur.
- ✓ Protection contre le soleil, vents et bruit avec l'implantation des arbres.
- ✓ utilisation des techniques pour assurer le confort visuelle, thermique et acoustique.
- ✓ l'utilisation des formes organique, des pilotis, la spontanéité des bâtiments...

exemples	A prendre	A ne pas prendre
1^{er} exemple		
- Toiture végétalisé	✓	
- Un puits canadien contribue à la performance thermique du bâtiment		X
- Panneaux photovoltaïques	✓	
-Dispositif de récupération des eaux de ruissellement		X
-une structure en béton préfabriqué		X
2eme exemple		
-Deux systèmes constructifs: béton/bois.	✓	

-Protection contre les rayons solaires et les vents par l'implantation des arbres.	√	
-Les toitures inclinées pour libérer l'eau de pluies		X
-Bassin d'infiltration et récupération des eaux de pluies		X

Tableaux 01: tableaux de synthèse, **source :** auteur.2021

II. Analyse de terrain :

1. Justification du choix :

- Sa localisation au milieu urbain dynamique et attractif.
- Manque d'équipements éducatifs, de loisirs et de divertissements dans cette zone de la ville.
- Un terrain facilement accessible et desservi de transport en commun.
- Etouffement du site par les résidences et locaux commerciaux.

2. Présentation du site d'intervention :

Le périmètre d'étude se situe au cœur de la ville de Bejaia sur la plaine au sud-ouest du noyau historique de la ville et au nord de l'aéroport de Bejaia Abane Ramadane.



Figure 08 : Vue aérienne de la ville de Bejaia
Source : Google earth

Figure 09 : Zone intervention Source : Google earth

3. Situation de terrain : Le terrain d'intervention se situe au centre de périmètre d'étude mais par rapport au pos b18 il se situe à son extrémité nord-ouest.



Figure 10 : Carte du POS B18, La zone industrielle. Source : auteur.2021

D'après une analyse profonde de terrain, nous avons peut faire un schéma de structure qui résume tous les informations nécessaires :

4. Schéma de structure :

L'assiette du projet est d'une forme rectangulaire irrégulière allongée orientée nord-est. Le terrain est d'une surface de plus de 11000 m².

Limité :

- DU nord par la route des résidences universitaires et l'Oued Sghir.
- Du sud par terrain vierge et promotions immobilières.
- De l'est par l'hôpital LE Rameau d'olivier.
- De l'ouest par la résidence universitaire.

Synthèse :

Cette analyse a pour but de connaître les données principale qui vas nous permet d'intégrer notre projet parfaitement dans son site.

Potentialités :

- ✓ Un terrain qui s'étale sur une vaste surface.
- ✓ la présence de l'Oued Sghir sur les limites de la zone représente une potentialité naturelle.
- ✓ La situation intéressante de l'assiette (facilement accessible et repérable).
- ✓ Sa proximité des lieux résidentiels qui le rend plus attractifs.
- ✓ Orientation et morphologie de l'assiette
- ✓ Présence de sécurité
- ✓ Présence de VRD facilité de branchement
- ✓ Présence de transport

Contraintes :

- ✓ Présence de nuisances sonores et olfactives.
- ✓ Une seule voie mécanique
- ✓ Absence d'une façade urbaine riche et homogène.
- ✓ Manque d'aire de stationnement.
- ✓ Manque des Équipements éducatifs sportifs et culturels.
- ✓ Inexistence de jardins et d'espaces de détente et de loisirs.
- ✓ Facteur écologique ignoré (polluons de l'environnement).

III. Programmation :

Vu que la durée de recherche ne nous permet pas d'établir un programme pour notre projet de fin d'étude, nous avons prés le programme officielle d'un lycée de 1000 places pédagogique et nous allons le personnalisé selon nos besoins.

Programme officielle :

1-BLOC PEDAGOGIQUE

SALLES	NOMBRE	SURFACE PROGRAMME (m ²)
Salles ordinaires	16	63,00
Salle de collection	1	15,00
Salle de sciences (40 places)	6	65,00
Salle de préparation science	1	25,00
Salle de préparation physique	1	40,00
atelier	6	70,00
Auditorium (160 places)	1	125,00
Dépôt	1	14,00
Salle polyvalente	2	70
Salle labo informatique	1	63,00

CENTRE DIDACTIQUE ET ADMINISTRATION

Bibliothèque	1	160,00
Salle de séminaires	2	32,00
Coopérative des élèves	1	8,00
Salle de réunion des élèves	1	8,00
Salle de jeux foyer des élèves	1	60,00
Foyer des professeurs	1	50,00
Salle de travail des professeurs	1	8,00
Loge de concierge	1	5,00
Salle d'attente	1	3,00
Bureau du directeur	1	18,00
Bureau de conseillers d'éducation	2	15,00
Secrétariat	1	15,00
Bureau de gestionnaire	1	12,00
Bureau de gestion	1	12,00
Bureau de directeur des études et secrétariat	1	25,00
Archive-polycopie	1	15,00
Bloc sanitaire	1	5,00
Surface hors circulation		451,00
SURFACE DE CIRCULATION 20%		99,6
Surface Totale		550,60
Unité de soins	1	81,00

3-SERVICES

Atelier factotum	1	30,00
Dépôt factotum	1	35,00
Chaufferie	1	27,00
Local de l'entretien	1	80,00
(Sanitaires garçons 2/3)	1	90,00
(Sanitaires filles 1/3) (2 WC (1/20 filles))		
Surface Totale		262,00
4-EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE		
Salles d'éducation physique	1	576,00
Hall d'entrée	1	8,00
Local de l'enseignement	2	8,00
Vestiaire	2	32,00
Douche	2	16,00
Toilette	2	8,00
Magasin	1	16,00
Chaufferie	1	16,00
Terrain omnisport	1	1280,00
Surface hors circulation		680,00
Surface de circulation 20%		136
SURFACE TOTALE		2109,00
5-LOGEMENTS DU PERSONNEL		
Logements de 5 pièces	1	110,00
Logements de 4 pièces	3	90,00
Logements de 3 pièces	2	70,00
Logements de 1 pièce	1	25,00
SURFACE TOTALE		295,00

Tableau 02 : le programme officiel d'un lycée. **Source** : bureau d'étude technique et économique de la wilaya de béjaia

IV. L'idéation et forme de projet:

1. Les étapes de l'idéation et forme de projet

1^{er} étape : les accès :

Il existe une seule voie mécanique, donc nous avons projeté tous les accès depuis cette voie, l'accès mécanique nous l'avons situé côté est ou on a projeté une voie mécanique pour accéder au parking et au logement de fonction.

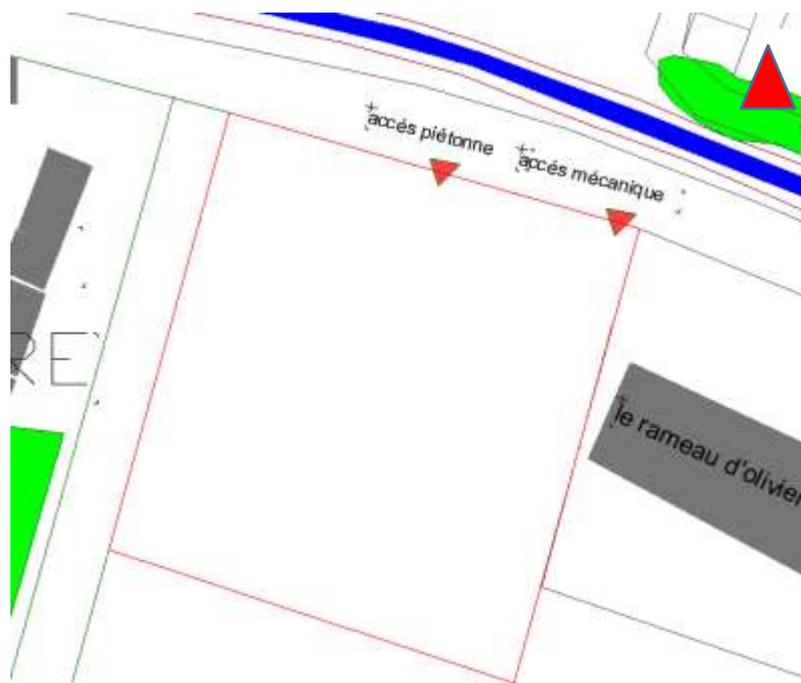


Figure 12 : les accès de projet source : auteur.2021

2eme étape : l'emplacement des entités :

Nous avons fait un recul pour ne pas avoir un accès direct par la route, par la suite nous avons placé le parking et le logement de fonction côté voie mécanique (nord-est) pour faciliter l'accessibilité et protégé le projet contre les nuisances sonores. La demi-pension est placé coté voie mécanique pour faciliter les décharges. Les espaces qui nécessitent le calme (le bloc pédagogique) sont placées au centre de terrain pour éviter les nuisances sonores. Et pour l'administration et centre didactique sont placé d'une manière pour avoir une façade urbaine et pour respecter l'alignement. Le terrain de sport est la salle de sport sont placé au fond de terrain pour des raisons de sécurité et d'intimité.

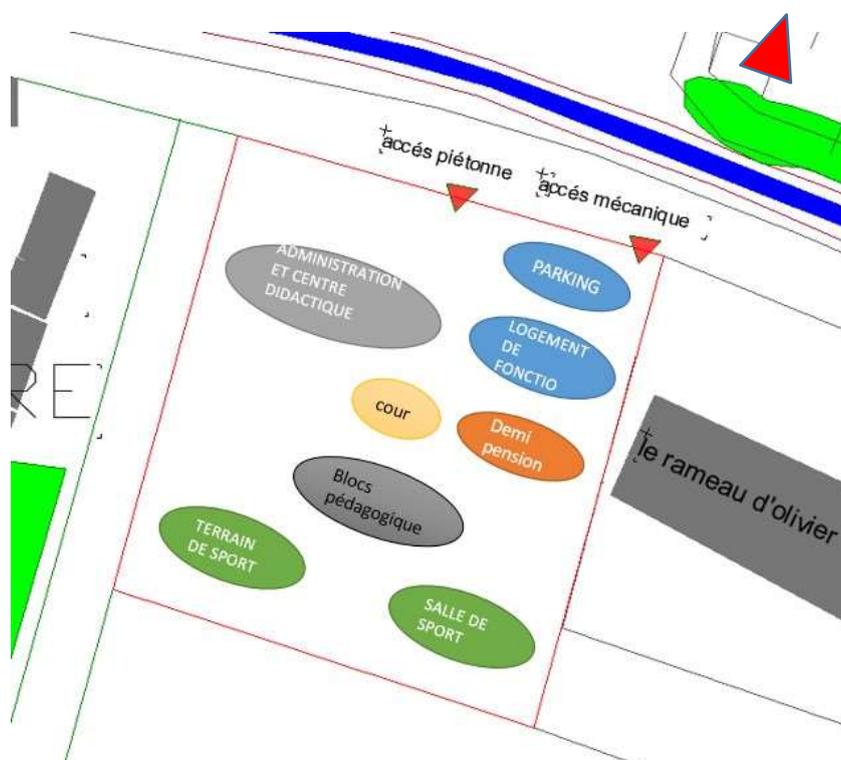


Figure 13 : l'emplacement des entités, Source : auteur2021.

2. La genèse de projet :

1^{er} proposition :

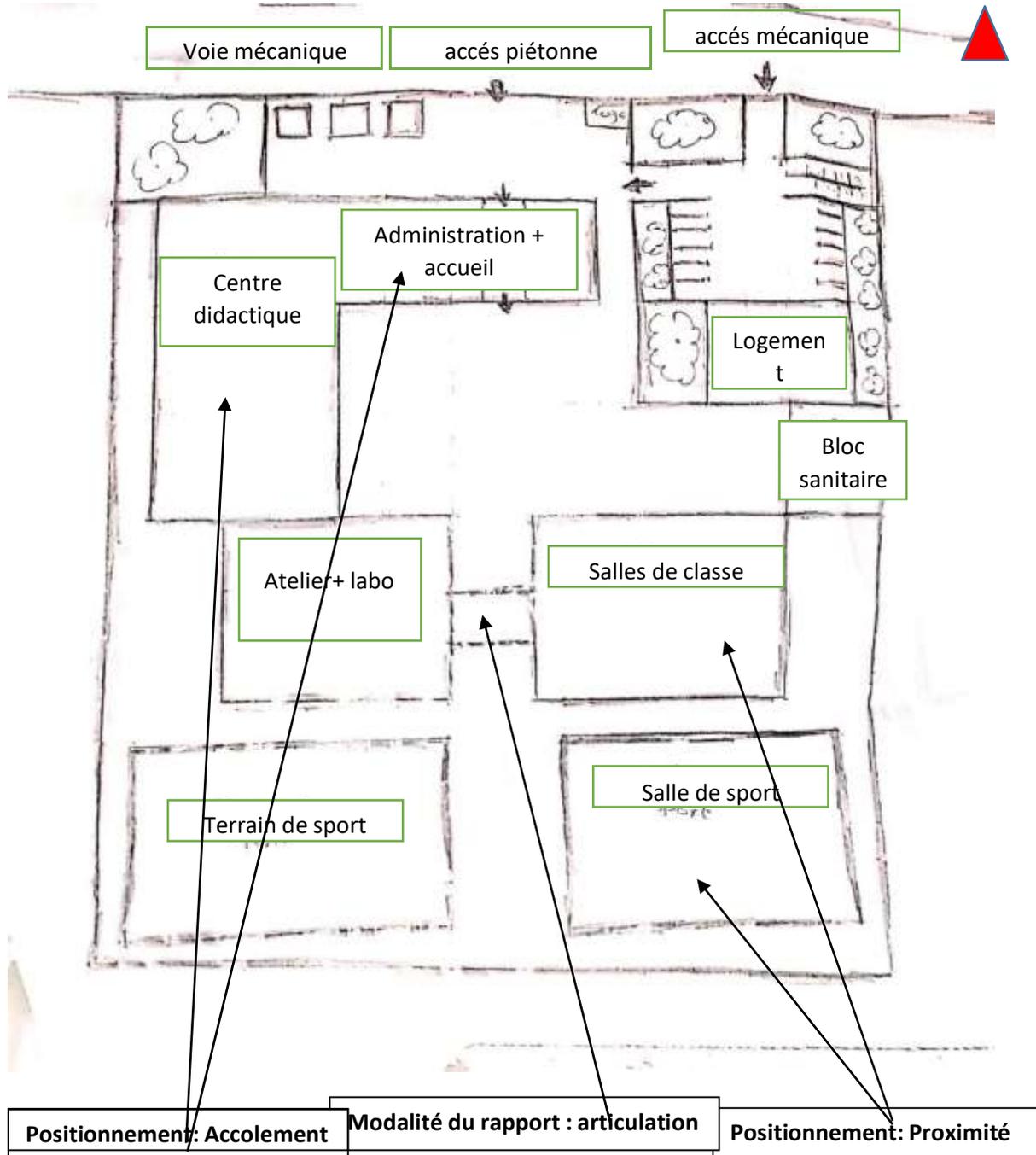


Figure 14 : 1^{er} proposition de PFE. Source : auteur2021

Cette forme est la résultante d'une composition avec organisation regroupé, le projet occupe tout le terrain avec une cour intérieure pour des raisons de sécurité et d'intimité. Mais elle a été refusé par ce que elle est trop fragmenté, et nous voulons une forme compacte qui est plus respectueuse de l'environnement, moderne et pour améliorer la qualité architectural des lycées. Vu qu'en Algérie, ces derniers sont construits en quantité et pas en qualité en négligeant de ce fait les exigences de confort, qui sont d'après notre recherche très importante vu leurs impacts sur l'état psychologique et physiologique des élèves.

2eme proposition :

1^{er} étape :

La 2eme proposition, appliquée à notre projet, elle est basée sur les axes formant des rectangles, chaque rectangle possède une entité.

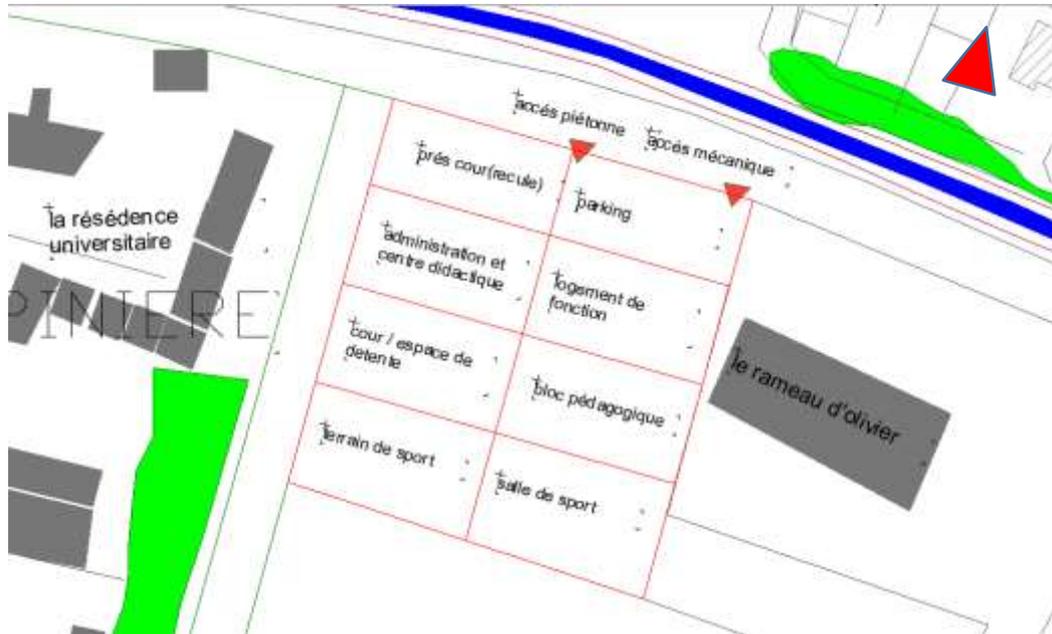


Figure 15 : la 1ère étape de la genèse de la forme, source : auteur2021

2eme étape : Nous avons relié les extrémités des blocs pour avoir une forme compacte, plus d'espace et pour des raisons fonctionnelles, facilité le déplacement pour les utilisateurs, et offrir plus de visibilité.

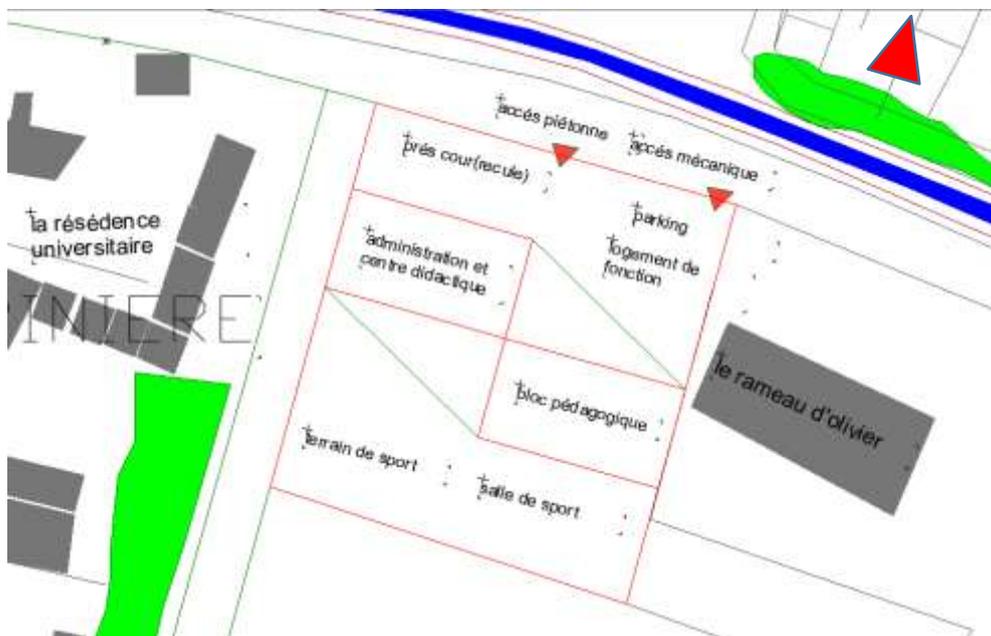


Figure 16: la 2eme étape de la genèse de la forme, source : auteur2021

3eme étape : nous avons effectué une légère déformation en suivant l'axe, pour donner une fluidité au projet.

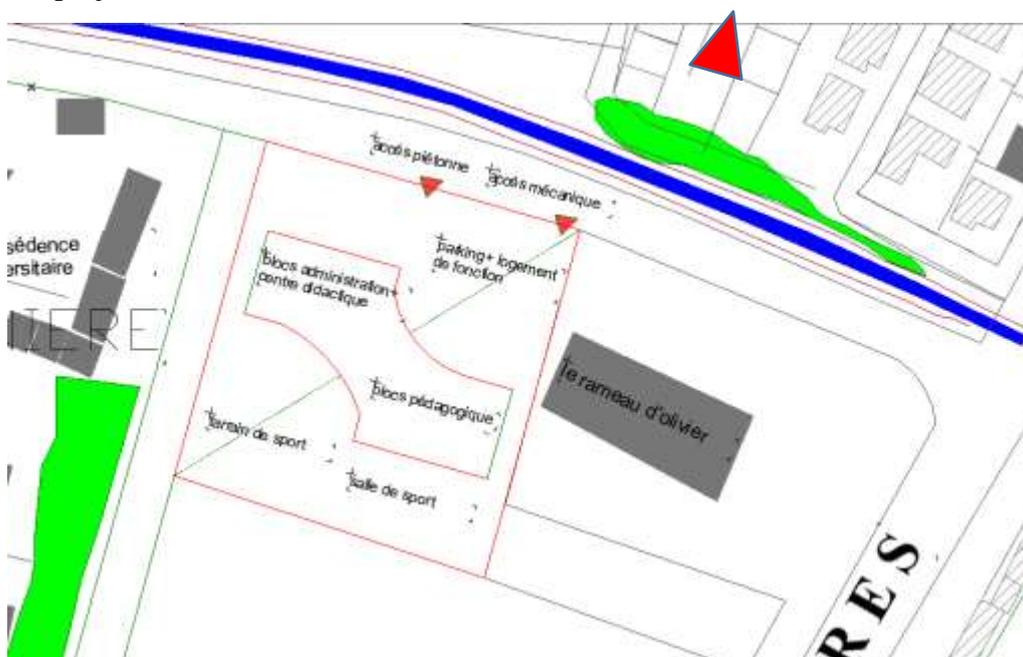


Figure 17: la 3eme étape de la genèse de la forme, source : auteur 2021

4eme étape :

Nous avons combiné la salle de sport avec le projet pour avoir un seul volume compact, ensuite l'élargir en raison de besoin en surface, et de transformer les lignes courbés en lignes droites.

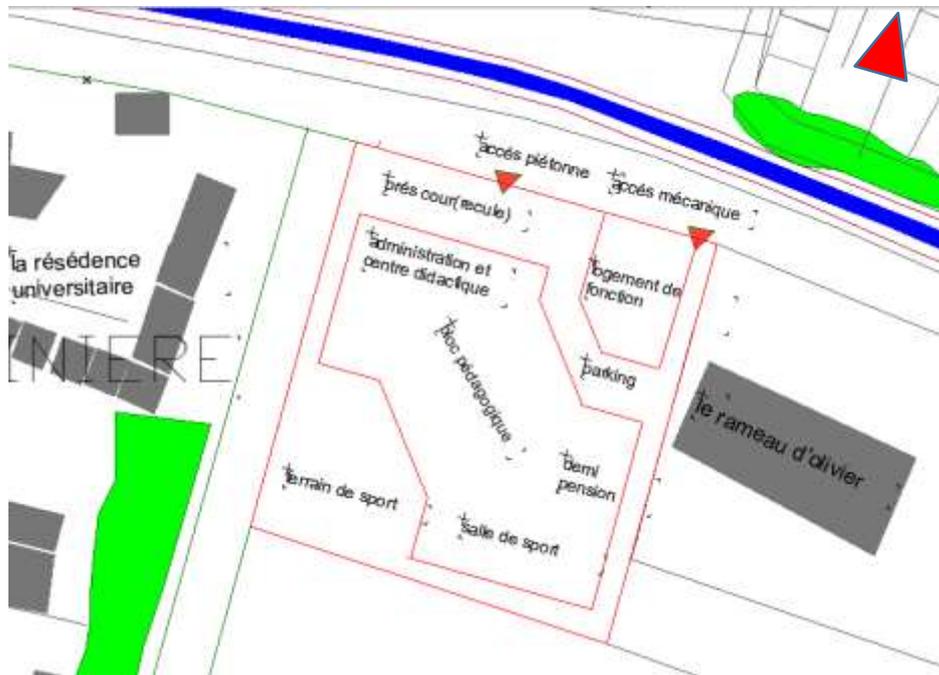


Figure18 : la 4eme étape de la genèse de la forme, source : auteur2021

5eme étape :

Nous avons créé un patio qui représente le cœur social de lycée, il vise à optimiser l'éclairage naturel dans les espaces intérieur, améliorer la ventilation, avoir des façades intérieures, et offre des espaces plus sécurisé pour les élèves.

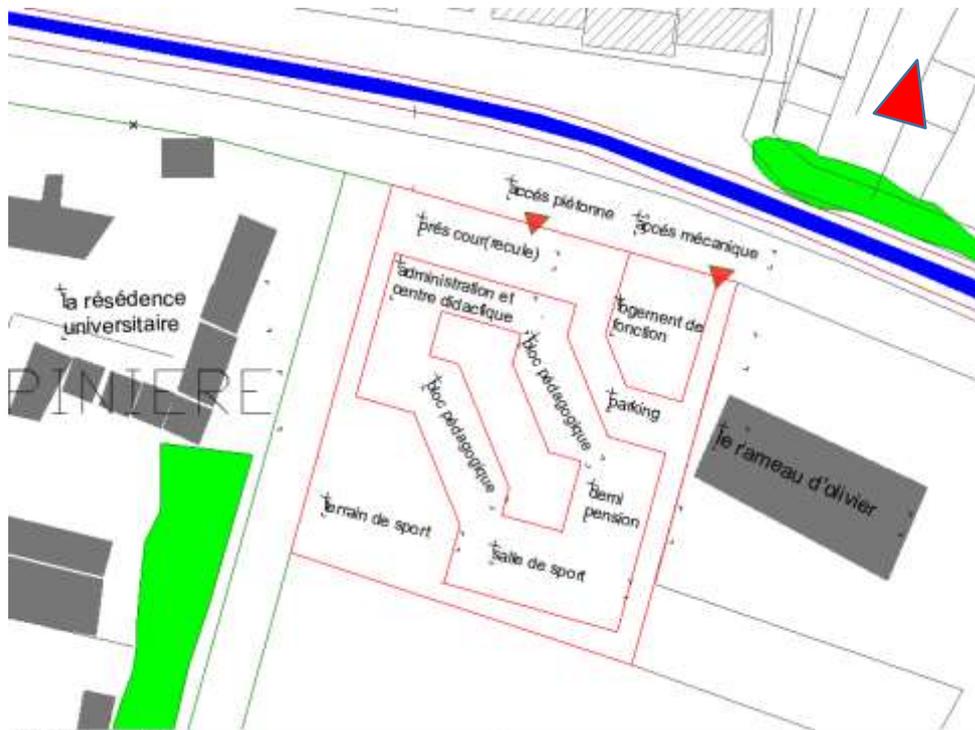


Figure 19 : la 5eme étape de la genèse de la forme, source : auteur2021

Nous avons fait des passerelles à l'étage pour faciliter le déplacement.

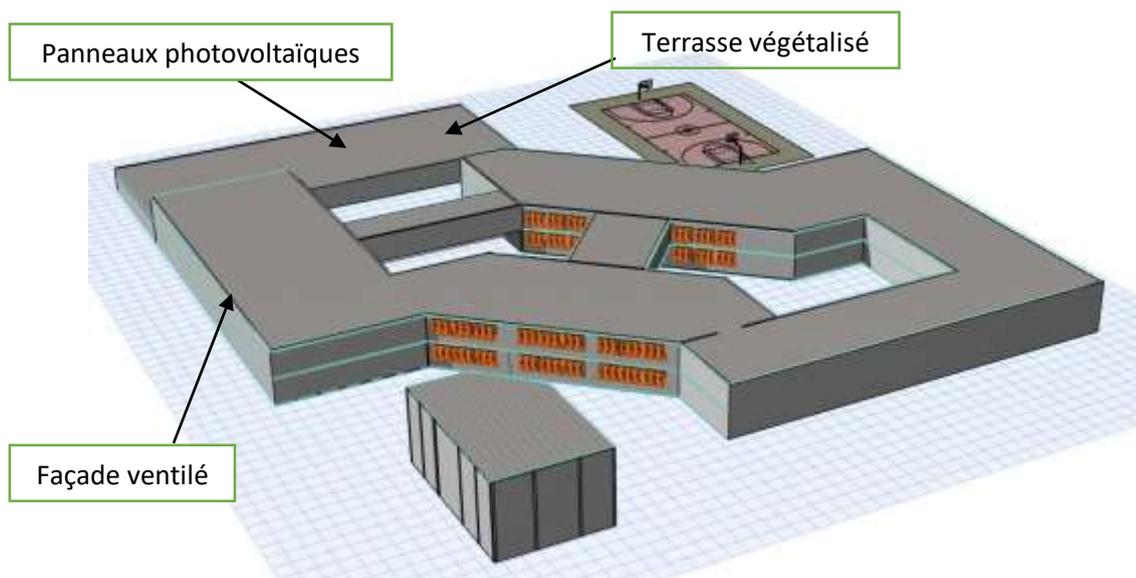


Figure 20 : Vue en 3D de projet, source : auteur2021

Notre lycée, est un lycée technologique, donc on trouve beaucoup de détail qui concerne un peu l'aspect technologique, comme les toitures végétalisées, des panneaux photovoltaïques, façades ventilées...

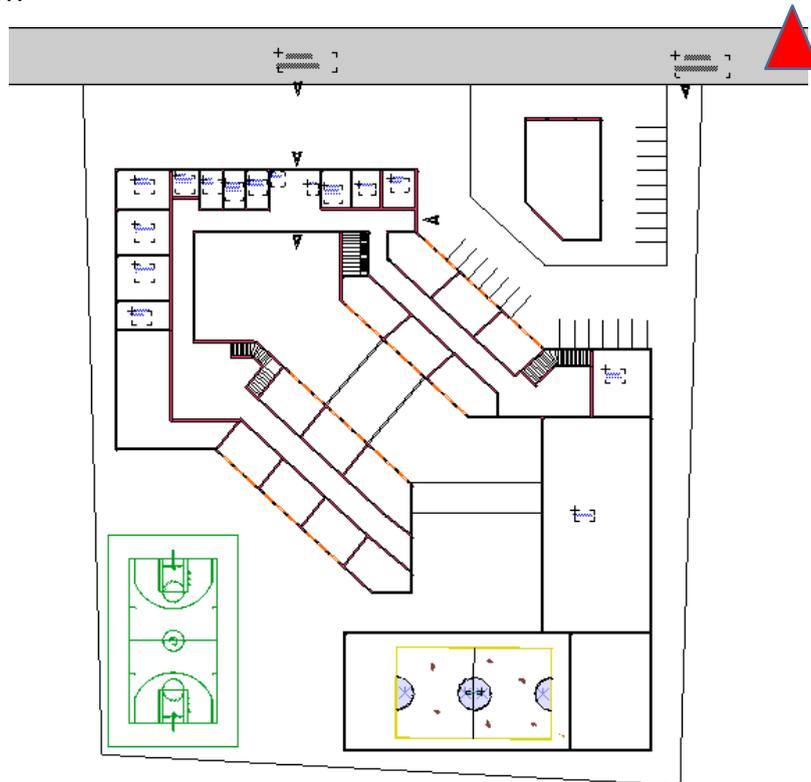


Figure 21 : Plan de RDC de projet, source : auteur2021

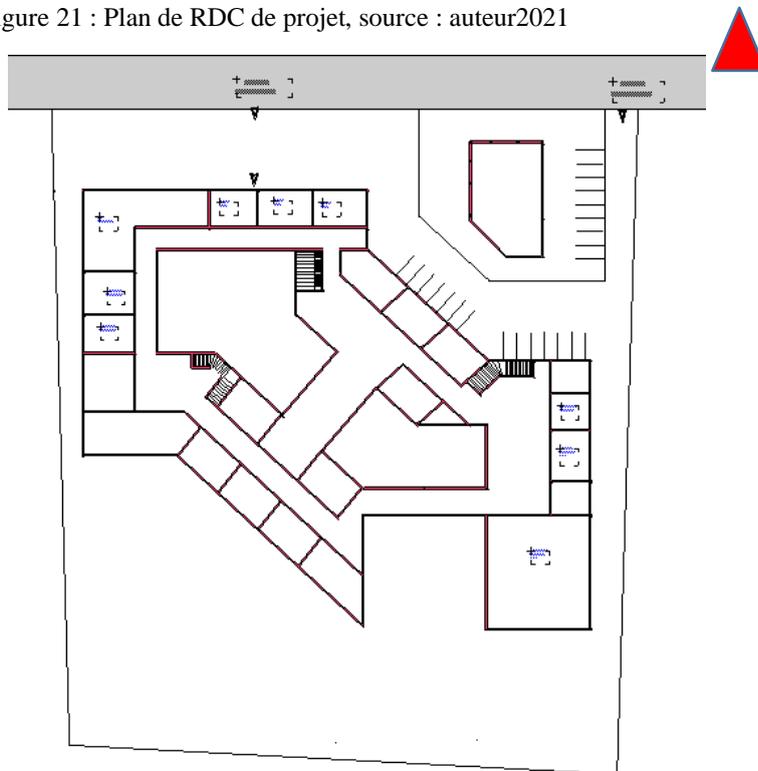


Figure 22 : Plan d'étage de projet, source : auteur2021

3. La simulation numérique :

Nous avons fait une simulation numérique pour notre projet dans sa phase initiale, pour mesuré l'environnement lumineux à l'intérieur des salles de classes qui sont orienté vers le nord-est et le sud-ouest. Et cela pour but de garantir un espace confortable pour les usagée. Nous avons fait la simulation pour la journée de 21juin qui considéré défavorable à 9h, pour quatre salle de classe qui ont des orientations différentes, (voir la figure)

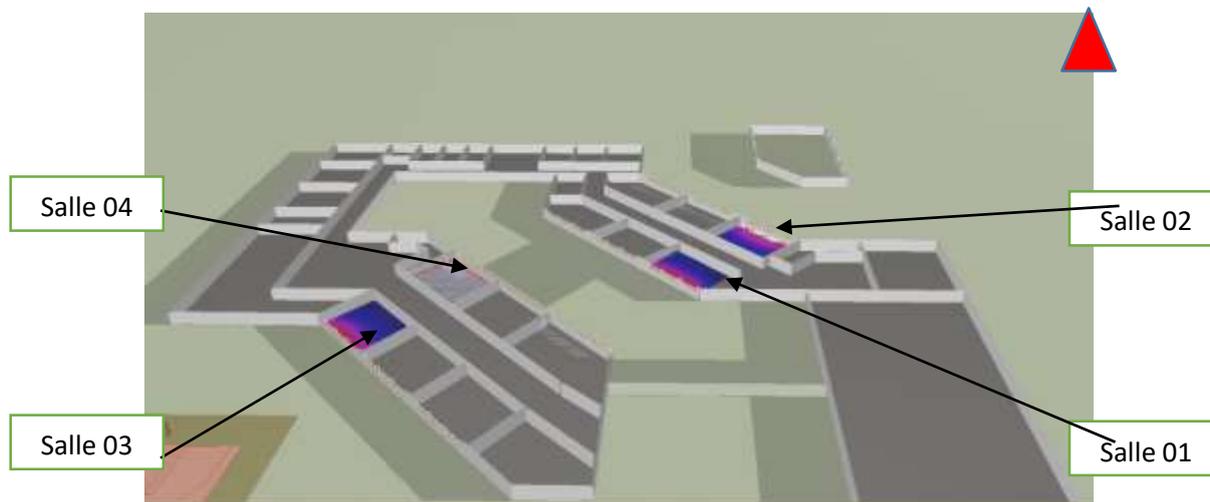


Figure 23 : capture d'écran sur l'interface de logiciel Archiwizard (carte d'éclairage), source : auteur2021

Présentation des résultats de la simulation :

Période de simulation : 21 juin, à 9h :

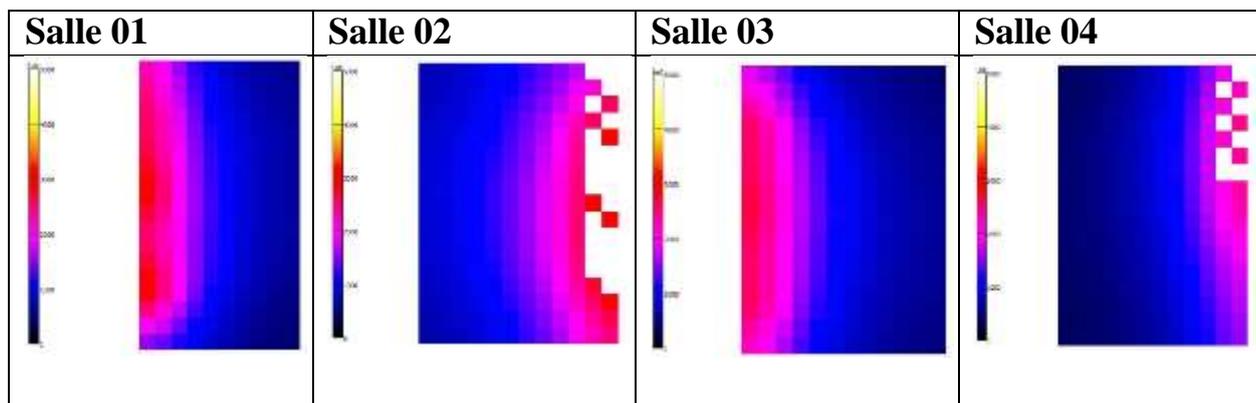


Tableau 03 : la simulation pour les salles de classes de PFE, pour la période de 21juin à 9h. Source : auteur ; 2021

Nous avons constaté la présence des taches solaire la matinée dans la salle 02 et la salle 04, (orienté au nord-est) à proximité des baies, et pour les deux autre salles, nous avons remarqué une concentration de l'éclairément à côté des baie et diminuer en s'éloignant.

Afin d'éviter les risques d'éblouissement à cause des taches solaires et les situations d'inconfort, nous avons opté pour l'utilisation des brises solaires pour assurer un environnement lumineux adéquat propice à l'apprentissage.

L'effet de l'ombre :



Figure 24 : capture d'écran sur l'interface de logiciel Archiwizard (l'effet de l'ombre), source : auteur2021

Conclusion :

Dans ce dernier chapitre, d'abord nous avons présenté l'analyse des exemples pour analyser l'aspect architectural des lycées, et pour connaître les différentes techniques pour assurer un bon confort dans les espaces scolaires. Par la suite, nous avons présenté le terrain d'intervention, ces potentialités, ces contraintes, et toutes les informations qui nous aident dans notre projet de fin d'étude.

Enfin, nous avons essayé de faire une présentation de la genèse de forme de notre projet, avec toutes les étapes. Sachant que le projet est appelé à se développer, nous sommes dans la phase d'avant-projet et nous n'avons pas arrivé au dossier d'exécution. On a fixé l'emplacement des salles de classes, qui sont orienté nord-est et sud-ouest pour avoir un bon éclairage pendant les heures d'enseignement, et nous avons essayé d'éviter au maximum les orientations est et ouest par ce que d'après notre recherche, c'est les orientations les plus défavorables.

Conclusion générale :

Dans notre recherche, nous nous sommes intéressés à la lumière naturelle, elle joue un rôle primordial dans la conception architecturale, elle contribue à l'esthétique de l'architecture et elle est un élément qui précise la richesse des ambiances lumineuse, et considéré comme un facteur primordiale de confort lumineux.

Cette étude a pour objectif de favorisé la notion de la lumière naturelle dans les bâtiments éducatifs. Dans la partie théorique, nous avons constaté que le niveau de confort visuel est un critère primordiale dans un établissement scolaire, vu son impact sur les élèves que ce soit positive ou négative. Et nous avons peu confirmé tous les hypothèses du départ.

Donc il est essentielle d'assuré une bonne visibilité à l'intérieur des espaces scolaire et essayé d'optimiser la lumière de jour par ce que elle est la plus puissante te offre un bon éclairage, une meilleur qualité d'ambiance lumineuse ainsi l'économie d'énergie.

Nous avons traité la notion de confort visuel dans le lycée Sidi Ali Labhar, notre cas d'étude, ou nous avons peu faire une étude quantitative et qualitative.

L'enquête par questionnaire était essentiel pour savoir la satisfaction et les préférences des élèves, elle nous a permet de cerner les problèmes liée à l'éclairage naturelle comme l'éblouissement, les taches solaires... dans les salles de classe.

Nous avons également fait des prise de mesure pour une seul journée, vu la limite de la durée de recherche. Donc pour la complété, nous avons fait un recours à la simulation numérique pour déduire les périodes les plus défavorable dans l'année et comparé les résultats aux normes. Elle nous a permet aussi de confirmé les résultats de prise de mesure et l'enquête, la présence de taches solaire qui provoque des risques d'éblouissement ce qui gêne les élèves pour exercer leur activité.

Notre présent recherche, nous a permet de bien maitrisé la lumière naturelle dans les établissements scolaire, afin d'assurer un bon confort visuelle à l'intérieur des espaces, et minimisé la consommation d'éclairage artificielle.

Les limites de recherche :

Nous avons rencontré plusieurs problèmes qui nous ont un peu limité la recherche, qui sont :

- ✓ L'existence des élèves dans la période de mesure, la chose qui nous a pas permis d'effectuer les prise de mesures convenablement dans la durée, on aurais aimé de faire les prise de mesure dans les condition préférables, mais le commencement des cours à 9h nous a poussé à les faire à 8h.
- ✓ L'utilisation de luxmètre sur un smart phone à cause de l'absence de l'appareil au sein de notre département.

Les futurs axes de recherche :

- ✓ Nous pouvons étudier un autre paramètre dans ce lycée (cas d'étude), comme le confort thermique, confort acoustique.
- ✓ Généralisé l'étude sur un autre équipement comme la bibliothèque, le musée...etc.
- ✓ Optimisé la lumière naturelle dans les équipements existants, par exemple, le bloc d'architecture qui a des réels problèmes d'inconfort visuelle.

Bibliographie

Ouvrages:

- Arene.** ((1998)). *Le Confort D'été Dans Les Etablissements Scolaires Cahier De Spécifications Techniques* .
- Arnould, J.** (1895). *Nouveaux éléments d'hygiène*. J.B. Baillière,.
- Benharkat, S.** (2006.). *Impact De L'éclairage Naturel Zenithal Sur Le Confort Visuel Dans Les Salles De Classe Cas D'étude*. . Constantine : Université Mentouri De Constantine.
- Bodart, M.** (2013). *Assurer Le Confort Visuel*. Bruxelles: Institut Bruxellois Pour La Gestion De L'environnement(Ibge).
- Chaabouni, S.** (2011). *Voir, Savoir, Concevoir, Une Méthode D'assistance A La Conception D'ambiances Lumineuses Par L'utilisation D'image Référence*. Nancy: Ecole Nationale Supérieure D'architecture De Nancy.
- Chatelet A, F. P.** (1998,). *Architecture climatique, une contribution au développement durable Tome 2 : concepts et dispositifs*,. édition EDISUD, Aix de Provence, France, .
- Chemsa Zemmouri, M.** (2009). *Caracterisation Et Optimisation De La Lumiere NaturelleEn Milieu Urbain*.
- Comité national belge, d. I.** (1964). *L' éclairage naturel et ses applications*. Bruxelles):S.I.C.,.
- Corbosier, I.** (1924). *Vers une architecture*. paris: G. Crès.
- Daich, S.** (2011). *Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra*. Biskra: Université Mohamed Khider Biskra.
- De Herde, A. A.** (2004). *L'éclairage naturelle des batiments*. Presses univ. de Louvain,.
- De Herde, A. A.** (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme*. paris: Observatoire des énergies renouvelables.

- DE Herde, A. A.** Répartition lumineuse”. Louvain, . Université catholique de Louvain La Neuve,, Belgique : Université catholique de Louvain la. Récupéré sur www-energie.arch.ucl.ac.be
- Hetzel.** (2003). *Haute qualité environnementale du cadre bâti : enjeux et pratiques*. PARIS: AFNOR,.
- l’Arene, I. e.** (2014, mars 21). *L’éclairage naturelle*. Récupéré sur L’ICEB: <https://www.asso-iceb.org/document/guide-biotech-eclairage-naturel/>
- Labreche, S.** (2013). *Forme Architecturale Et Confort Hygrothermique Dans Les* . Biskra.: Université Mohamed Khider – Biskra.
- Matallah, Z.** (2016). *Etude Des Effets De L’orientation Sur Le Confort Visuel Dans Les* . Biskra: Université Mohamed Kheider Biskra.
- Ministre, d. I.** (1982.). *GCSEF. « Guide de Constructions Scolaires Enseignement Fondamental (1er cycle et 2ème cycle) »*,.
- Mudri, L.** (2002.). *De l’hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable: ambiances lumineuses*. Paris: Ecole d’architecture de Paris-Belleville.
- Pasini, I.** (2002). *Daylighting guide for Canadian commercial buildings*. Ontario: Travaux Publics et Services Gouvernementaux. Canada.
- Rouag, D.** (2001). *Sunlight Problems Within New Primary School Classrooms In*. Constantine: Université Mentouri De Constantine.
- Selkowitz.** (1999).
- Tabouche, H.** (2010). *L’impact de la qualité enveronnementale des établissement scolaire sur la performance du systèmed’éducation en Algerie*. jijel: Université Mohamed Seddik Benyahya de Jijel.
- Terrier C, V. B.** (1999). *Guide De Pratique Et De Sécurité* .
- Ministre de l’éducation nationale et, D. L.** (2013).

Site internet :

energie plus. (s.d.). Récupéré sur <https://www.energiepluslesite.be/index.ph> (consulté le 15 mars 2021).

<http://thesis.univ-biskra.dz/1126/4/CHAPITRE%20II.pdf> (consulté le 13 Février 2021).

<https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html> (consulté le 28 Février 2021).

Annexe

Période de simulation : 21 DECEMBRE :

BLOC C1 (orienté à l'est) Salle N°05 ETAGE :

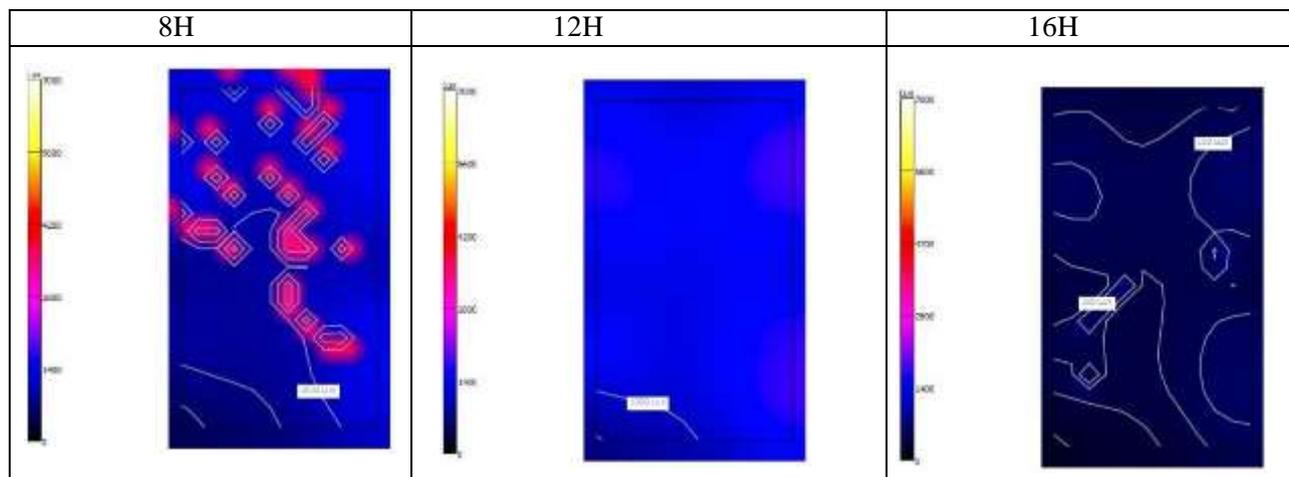


Tableau 01 : la simulation dans la salle 05 Bloc C1 pour la période 21 décembre. **Source** : auteur

A 8h : dans cette période, la quantité de la lumière diffusée depuis la baie orientée à l'est est importante mais elle est mal distribuer, ce qui rend la salle mal éclairé, avec un risque faible d'éblouissement.

A 12h : à midi, on remarque une distribution lumineuse uniforme hors norme, les valeurs d'éclairage sont faibles pour garantir un éclairage idéal, ce dernier est assurer dans le cas d'un éclairage combiné (naturelle et artificiel).

A 16h : à cette heure, nous avons remarqué une diminution importante des valeurs d'éclairage par rapport à midi, qui sont considéré très faible et hors norme (la salle est très sombre), de ce fait le recours à l'éclairage artificiel est recommandé.

BLOC C3 (orienté à l'ouest) Salle 05 ETAGE :

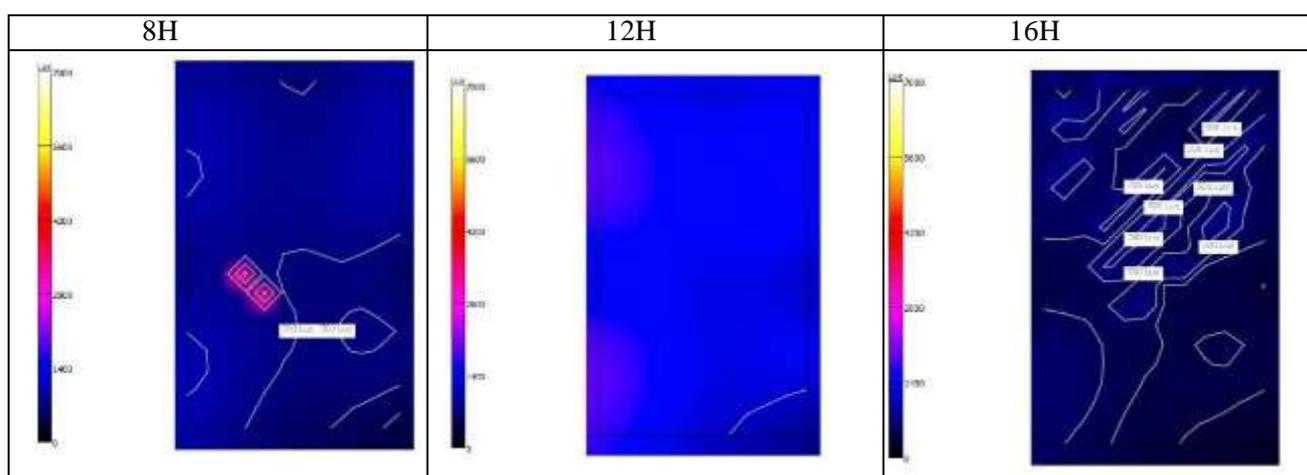


Tableau 02 : la simulation dans la salle 05 Bloc C3 pour la période 21 décembre. **Source** : auteur

A 8h : dans cette période, les valeurs d'éclairage sont très basses, ce qui rend la salle très sombre, et le recours à l'éclairage artificiel est obligatoire pour couvrir le manque et atteindre les valeurs optimales.

A 12h : à midi, nous remarquons une augmentation des valeurs d'éclairage par rapport à la matinée, avec une distribution lumineuse uniforme, mais la quantité de la lumière diffusée est toujours insuffisante pour assurer un éclairage adéquat.

A 16h : Dans l'après-midi, une diminution importante des valeurs d'éclairage par rapport à midi, ce qui rend la salle très sombre, et le recours à l'éclairage artificiel est obligatoire pour éclairer la salle.

Période de simulation : 21 juin :

BLOC C1 (orienté est) Salle N°02 RDC :

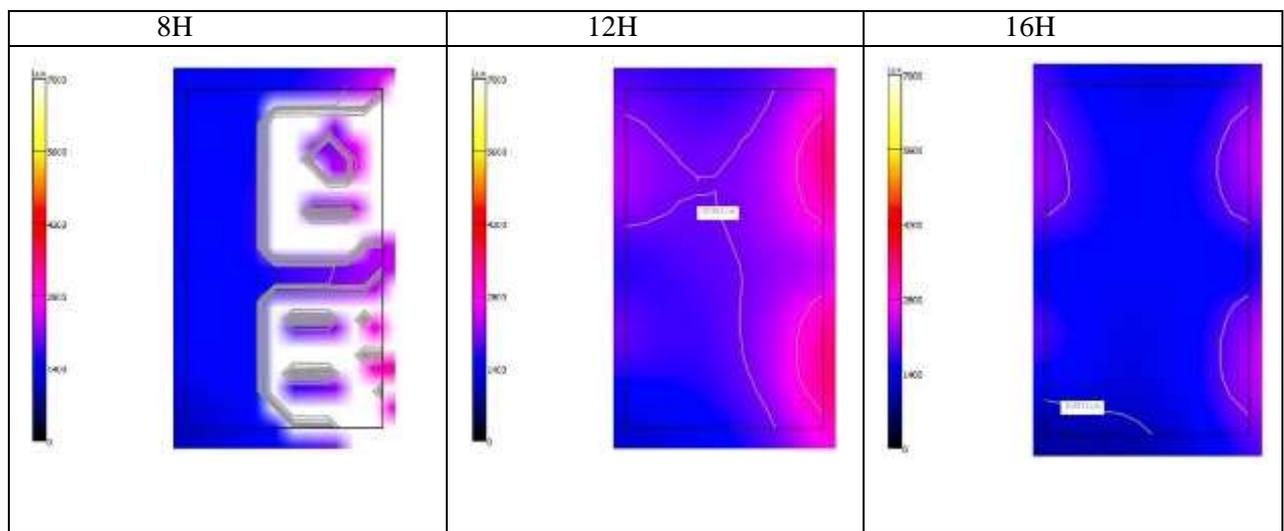


Tableau 03 : la simulation dans la salle 02 Bloc C1 pour la période 21 Juin. **Source :** auteur

A 8h : le niveau d'éclairage très élevé (hors norme) à cause de la présence des taches solaire à côté de la baie orienté à l'est, qui peuvent arriver jusqu'au centre de la salle, ce qui peut causer de l'éblouissement.

A 12h : Les zones à proximité des baies orientées à l'est sont plus éclairées (absence de taches solaires) par rapport à celles à proximité des baies orientées à l'ouest.

A 16h : nous remarquons une diminution des valeurs d'éclairage, par rapport à midi, avec une légère concentration de l'éclairage dans les parties proches de baies.

BLOC D (LABO) (orienté au sud) Salle N°02 RDC :

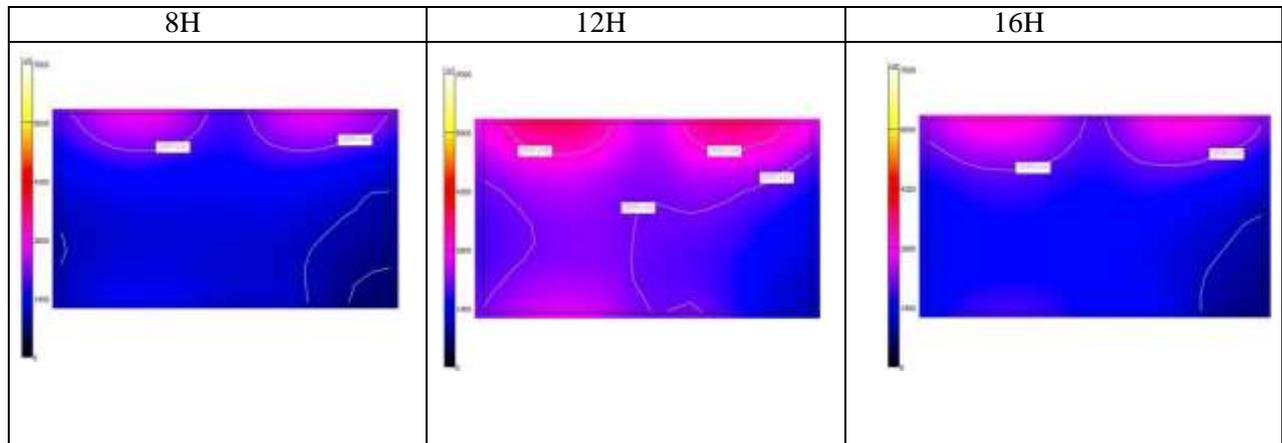


Tableau 4: la simulation dans la salle 02 Bloc D pour la période 21 Juin. **Source :** auteur

A 8h : dans la période de la matinée, une concentration considérable d'éclairement à proximité des baies orienté au nord avec un risque faible d'éblouissement, et les valeurs d'éclairement diminuer en s'éloignant. Avec la présence d'une zone sombre au coin au fond de la salle.

A 12h : nous avons remarqué une augmentation importante des valeurs d'éclairement par rapport à la période de la matinée, avec un effet d'éblouissement plus important sans la présence des taches solaires.

A 16h : Dans l'après-midi les valeurs de l'éclairement sont presque identiques à celle de la période matinale avec une légère augmentation.

21 septembre/mars :

BLOC C1 (orienté à l'est) Salle 05 ETAGE :

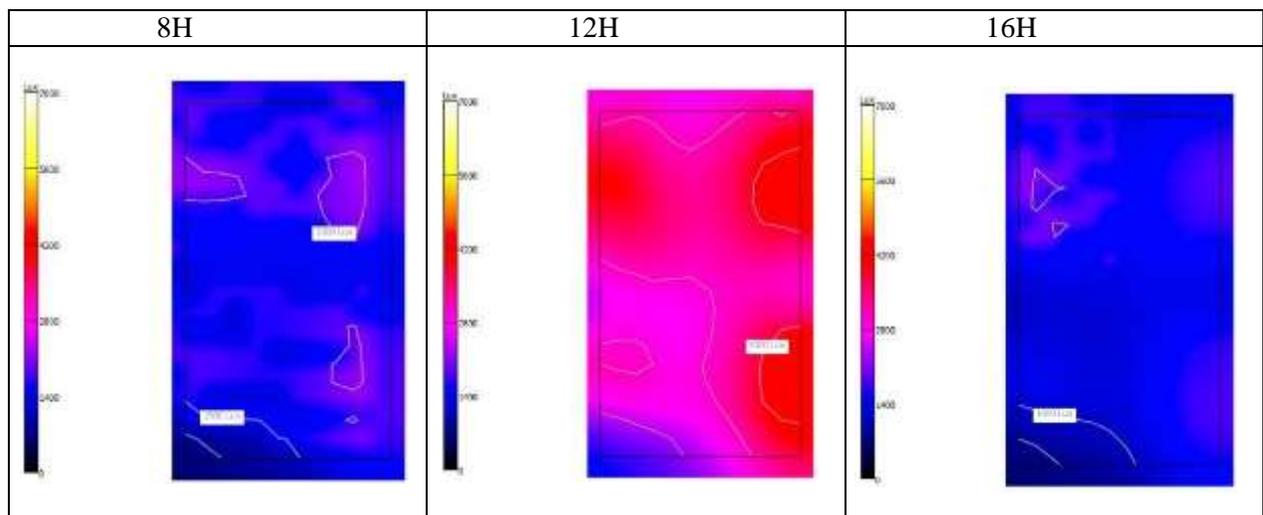


Tableau 5 : la simulation dans la salle 05 Bloc C1 pour la période 21 sept/mars. **Source :** auteur

A 8h : les valeurs d'éclairage sont basses (hors norme) ce qui rend la salle mal éclairé. la lumière de jour est insuffisante pour assurer un éclairage idéal,

A 12h : une forte concentration d'éclairage dans les zones à proximité des baies, avec un risque fort d'éblouissement sur les plans de travail. Et pour le reste de salle est bien éclairé (dans les normes).

A16h : les valeurs d'éclairage dans la période de l'après-midi sont les même que la période matinale, avec une légère diminution.

BLOC C3 (orienté à l'ouest) Salle 05 ETAGE :

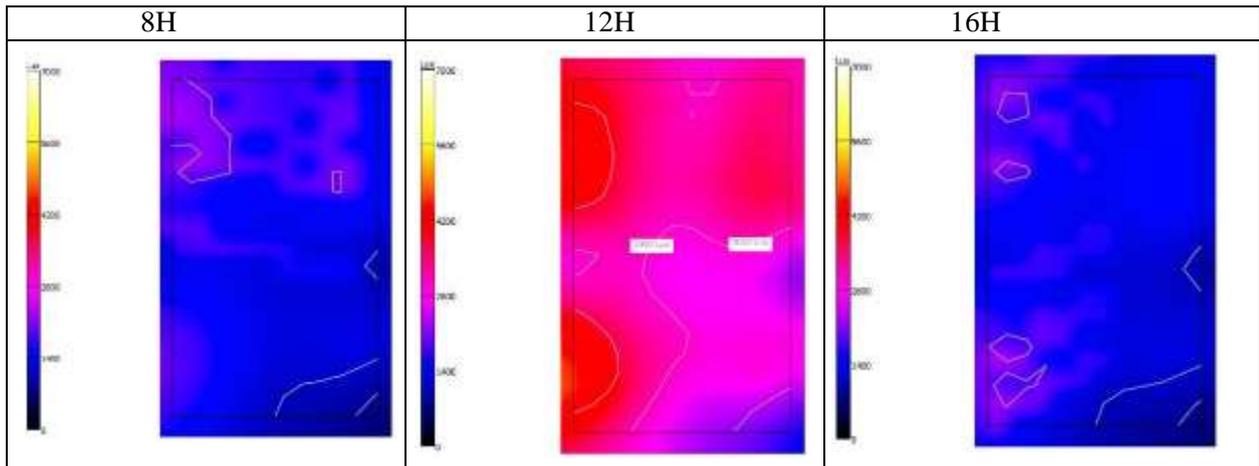


Tableau 6 : la simulation dans la salle 05 Bloc C3 pour la période 21 sept/mars. **Source :** auteur

A 8h : dans la matinée, les valeurs d'éclairage sont insuffisantes (hors normes) ce qui rend la salle mal éclairé. Le recours à l'éclairage artificiel est nécessaire pour couvrir ce manque.

A 12h : à midi, nous remarquons une augmentation des valeurs d'éclairage par rapport à la matinée, ce qui rend la salle bien éclairé (dans les normes), sauf les zones à proximité des baies orientées à l'ouest sont un peu plus éclairé avec un risque d'éblouissement.

A 16h : dans la période d'après-midi, les valeurs d'éclairage sont presque les même que celle de la matinée.

BLOC D (LABO) (orienté au sud) Salle 02 RDC :

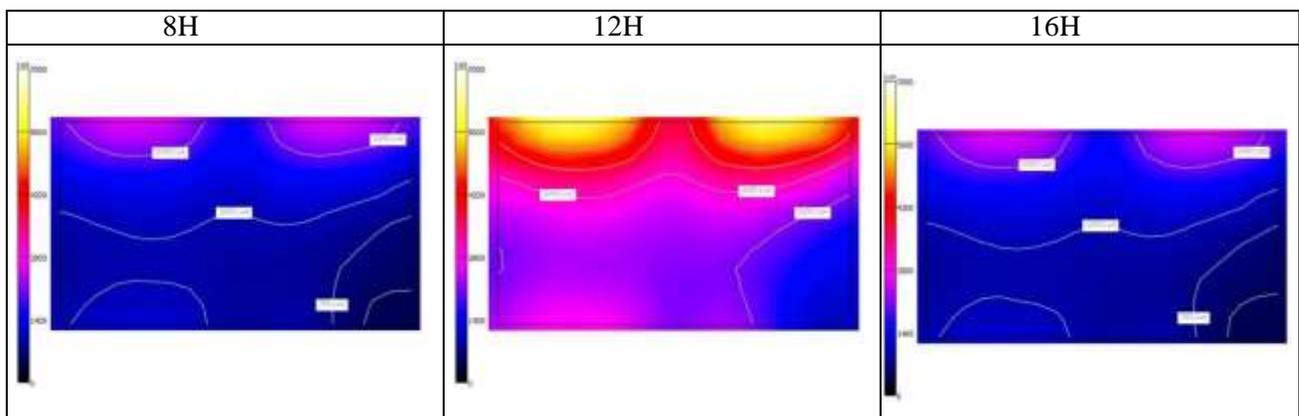


Tableau 07 : la simulation dans la salle 05 Bloc D pour la période 21 sept/mars. **Source** : auteur

A 8h : les valeurs d'éclairage sont élevées dans les zones à proximité des baies orientées au nord, et ces valeurs diminuent en s'éloignant.

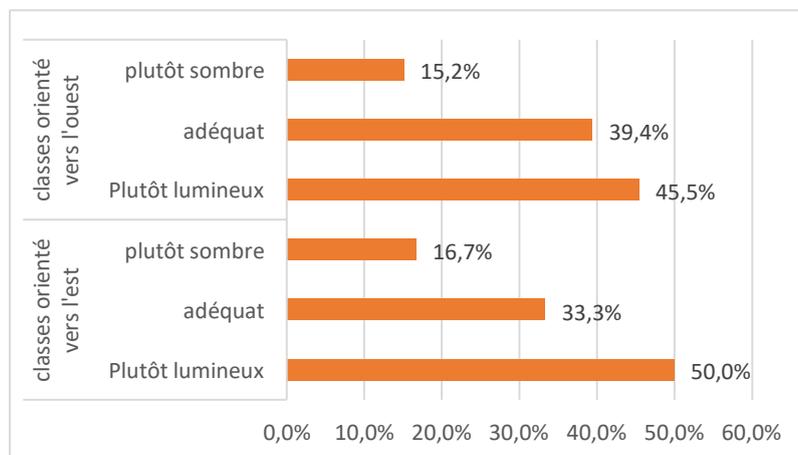
A 12h : une forte concentration d'éclairage à côté des baies orienté au nord (hors normes), ce qui a engendré un risque fort d'éblouissement.

A 16h : les résultats de simulation sont les même qu'au période de la matinée.

2/ Etude qualitative du confort visuel dans les salles de classe de lycée Sidi Ali Labhar :

L'éclairage naturel dans les salles de classe :

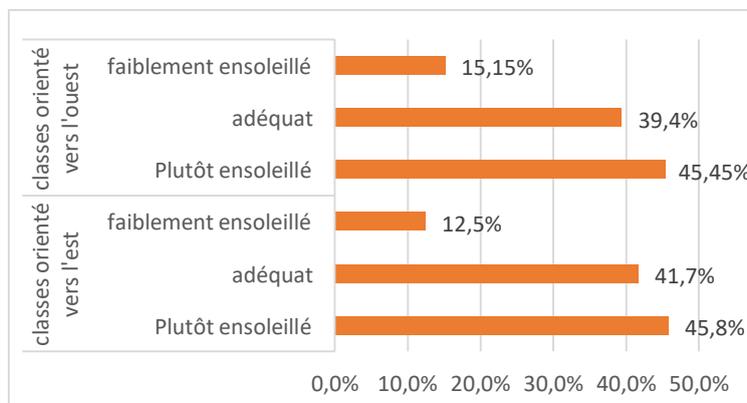
Lumineux :



Graph 01 : L'éclairage naturel dans la salle de classe. (Lumineux) Source : auteur

Les résultats ont montré que les élèves trouvent que les salles sont bien éclairées, Pour la plupart des élèves de salles orienté est et ouest, ont désigné l'éclairage naturelle comme plutôt lumineux et adéquat, en revanche une minorité ont trouvé que l'éclairage est plutôt sombre.

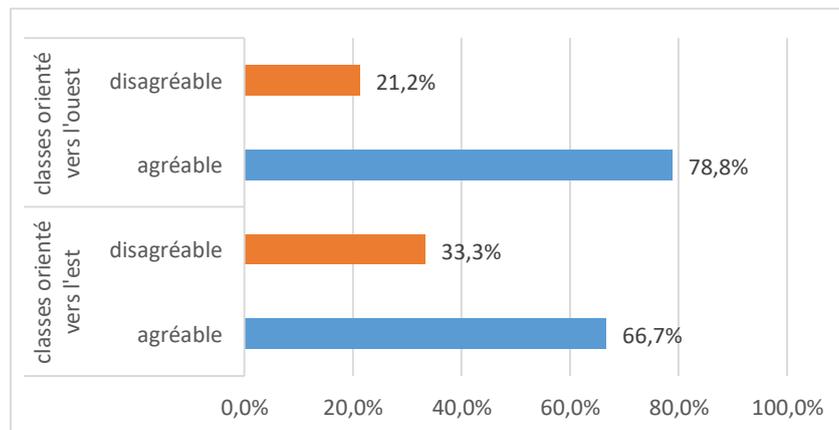
Ensoleillé :



Graph 02 : L'éclairage naturel dans la salle de classe. (Ensoleillé) Source : auteur

Le Graphe montré que la plupart des élèves, ont trouvé que l'ensoleillement dans les salles orienté est et ouest est adéquat et plutôt ensoleillé, en revanche une minorité ont trouvé que les salles est faiblement ensoleillé.

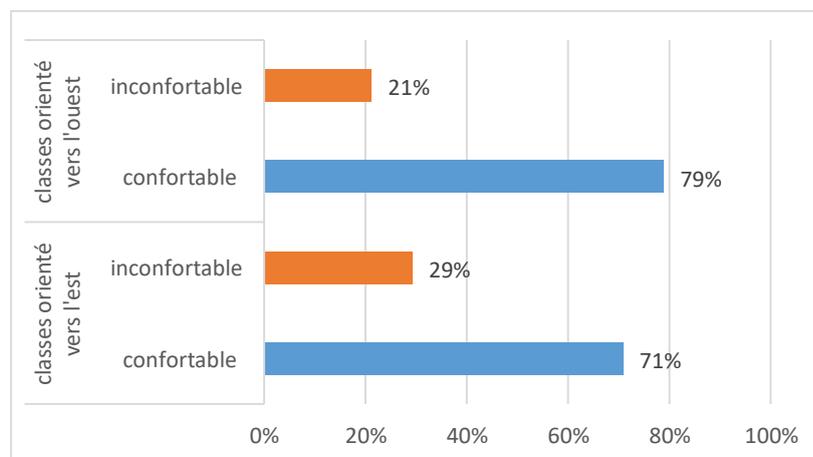
Agréable :



Graphe 03 : L'éclairage naturel dans la salle de classe. (Agréable) Source : auteur

Les résultats ont montré que la majorité des élèves trouvent que les salles de lycée est agréables, avec un pourcentage qui varier entre 67% pour les salles orienté est et 79% pour celle orienté vers l'ouest.

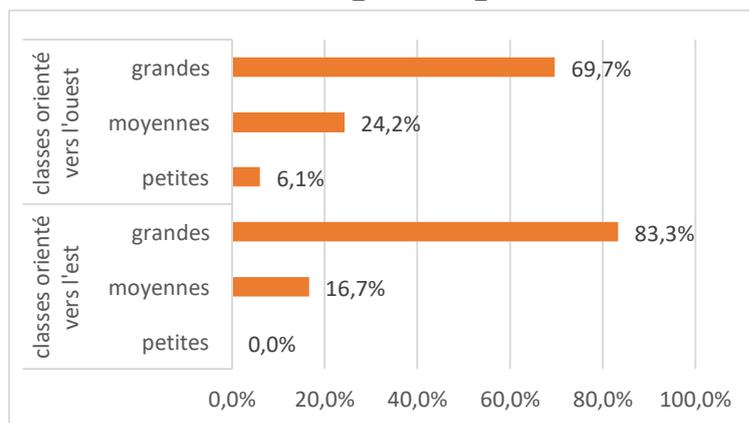
Confortable :



Graphe 04: L'éclairage naturel dans la salle de classe. (Confortable) Source : auteur

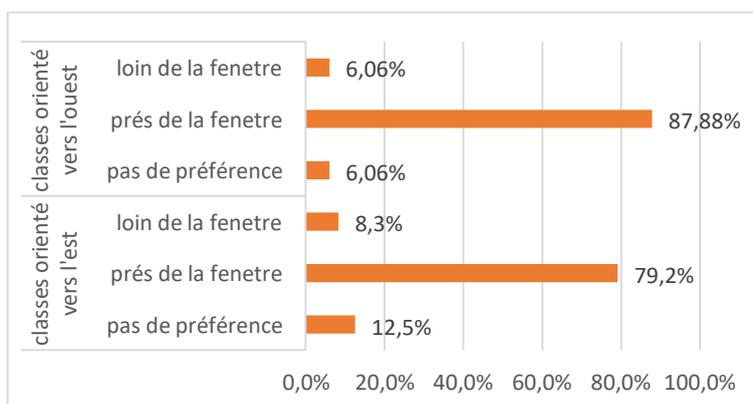
D'après le Graphe, la plupart des élèves ont trouvé que les salles sont confortables avec des taux aux alentours de 71% et ce pour les salles orienté est et 79% pour celles qui orienté ouest.

Les dimensions des fenêtres et les places préférées dans les salles :



Graphe 05: Dimensions des fenêtres. Source : auteur

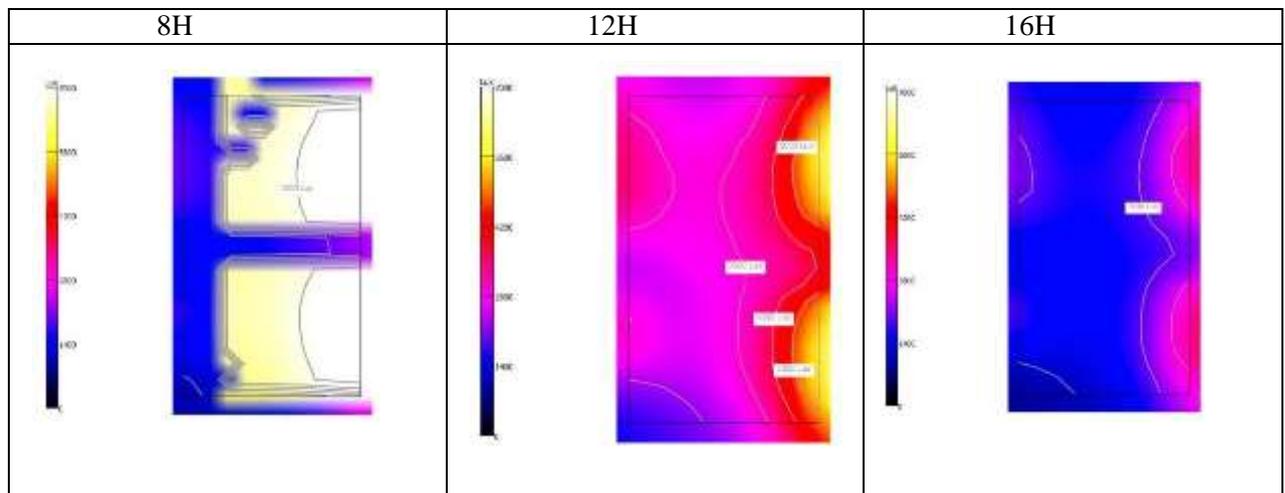
Le Graphe nous montre que la plupart des élèves questionnés ont considéré que les dimensions des fenêtres de leurs salles sont grande et ce de 70% jusqu'à 83% des réponses obtenues.



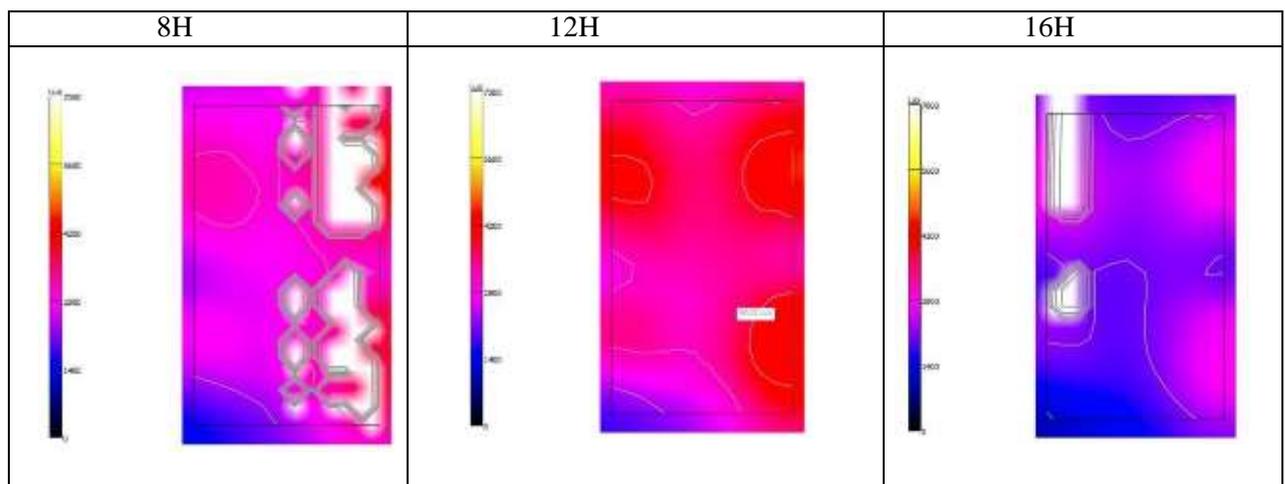
Graphe 06: Les places préférées dans la salle de classe par rapport à la fenêtre. Source : auteur

Les réponses de ce Graphe, montre que la plupart des élèves préfèrent les places près de la fenêtre, en justifiant leur réponse par l'éclaircissement insuffisant sur les tables loin de la fenêtre, l'aération et les vues extérieurs.

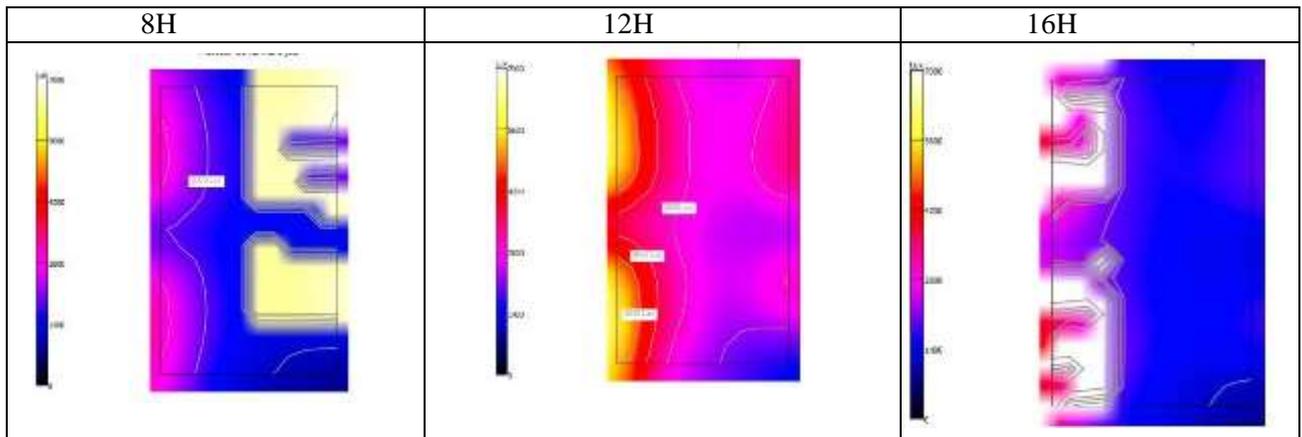
La simulation pour le 29 avril :
BLOC C1 SALLE 2 RDC :



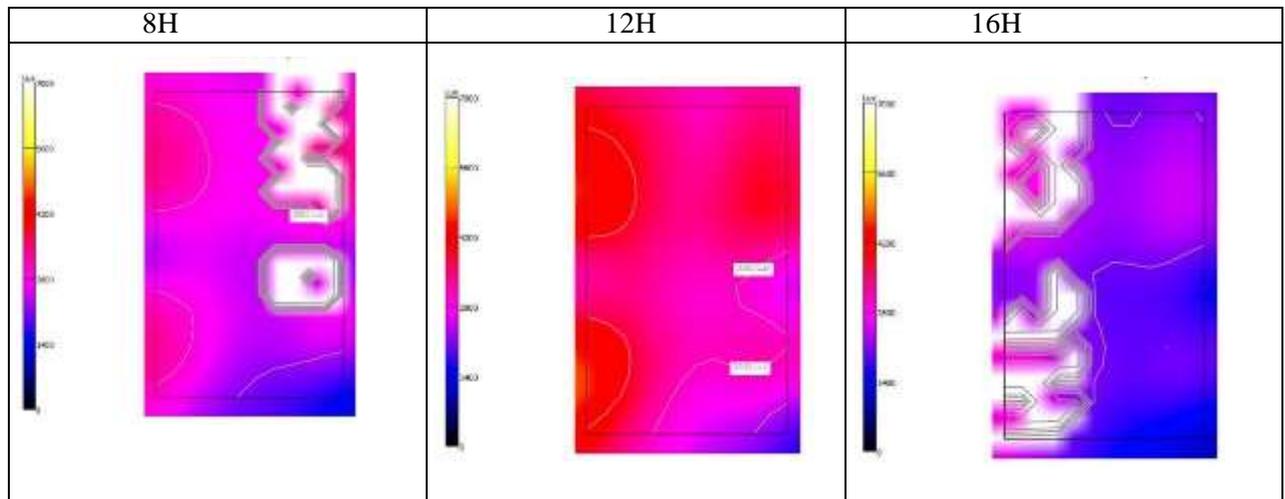
BLOC C1 SALLE 5 ETAGE :



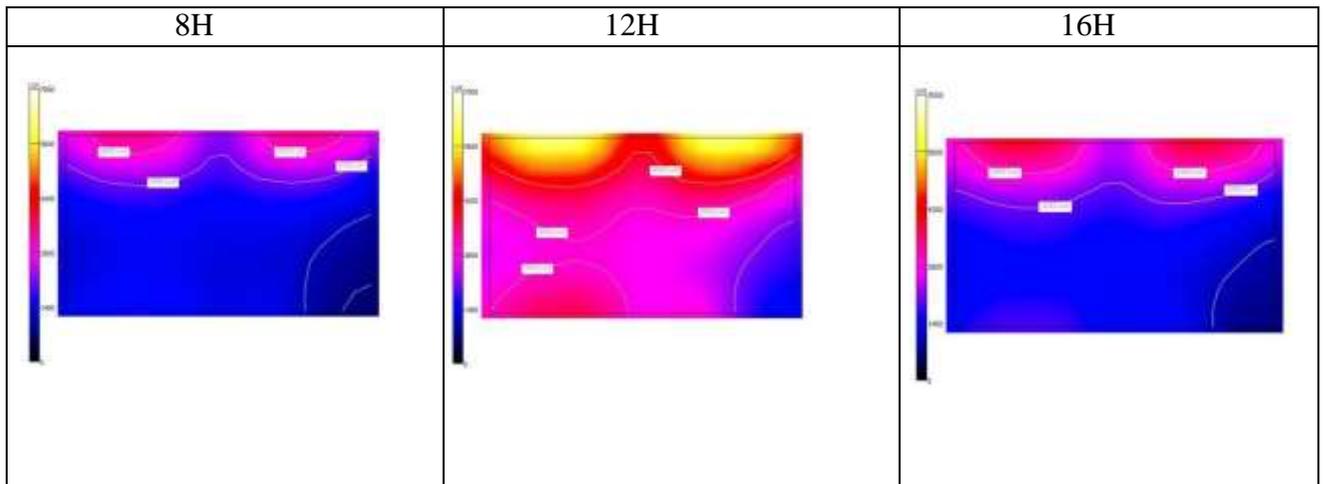
BLOC C3 SALLE 2 RDC :



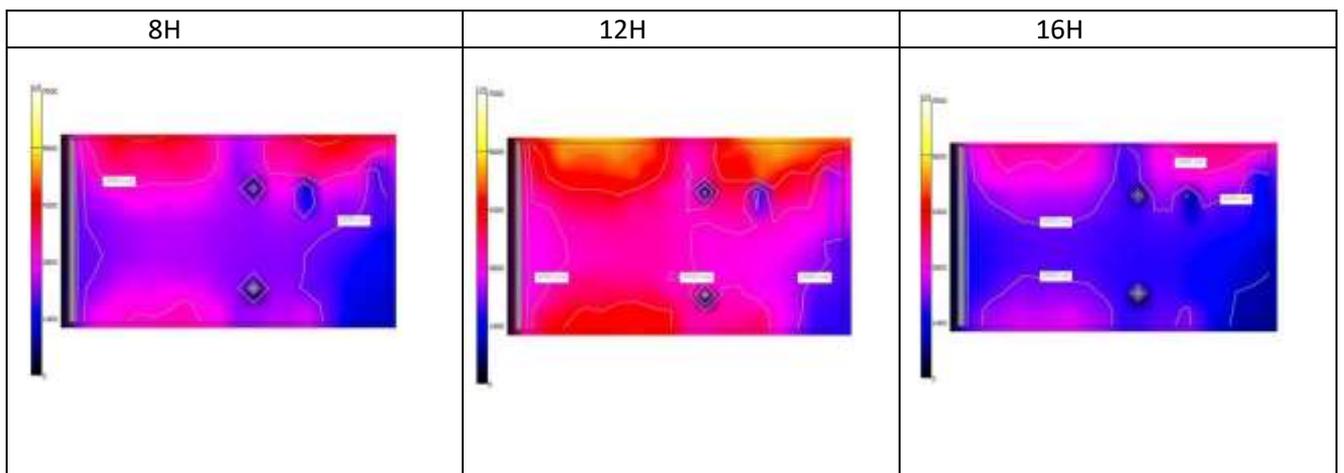
BLOC C3 SALLE 5 ETAGE :



BLOC D (LABO) SALLE 2 RDC :



BLOC D (LABO) SALLE 5 ETAGE :



Le programme de lycée Sidi Ali Labhar :

A) Locaux d'enseignement			
désignation	Surface unitaire m ²	nombre	Surface totale m ²
Salles ordinaires	62	16	992
Salle géographie & H	62	2	124
Salle de collection	16	1	16
Salles de sciences	65	6	390
Salle de préparation de science	27	1	27
Salle de préparation de science	37,8	1	37,8
Auditorium 160	125	1	125
Dépôt	13,1	1	13,1
Salle polyvalentes	71	2	142
circulation	128	1	128
Surface totale	1994,9		

b) centre didactique et administration			
désignation	Surface unitaire m ²	nombre	Surface totale m ²
bibliothèque	160	1	160
Salle de séminaire	30,5	2	61
Coopératives des élèves	12	1	12
Salle de réunion élèves	11	1	11
Salle de jeux & foyer élèves	69	1	69
Foyer & salle professeurs	50	1	50
salle de travail professeurs	8	1	8
Loge de concierge	5	1	5
Salle d'attente	3	1	3
Bureau directeur	18	1	18
Bureau conseillers d'éducation	15	1	15
secrétariat	15	1	15
Bureau de gestionnaire	12	1	12
Bureau de gestion	12	1	12
Bureau du censeur & secrétariat	25	1	25
Archives-polycopie	15	1	15
Unité de soins	14	1	14
Bloc sanitaire	5	1	5
circulation	34	1	34
Surface totale	544		

c) service			
désignation	Surface unitaire m ²	nombre	Surface totale m ²
Atelier factotum	36	1	36
Dépôt factotum	30	1	30
chaufferie	28	1	28
Sanitaires garçons	40	1	40
Sanitaire filles	45	1	45
Surface totale	179		

d) logement de fonction			
désignation	Surface unitaire m ²	nombre	Surface totale m ²
Logement de 5 pièces	105	1	105
Logement de 4 pièces	97	3	291
Logement de 3 pièces	75	2	150
Studio	25	1	25
Surface totale	571		

e) salle de sport			
désignation	Surface unitaire m ²	nombre	Surface totale m ²
Aire de jeux	605	1	605
Vestiaires sportifs	17,3	1	17,3
Vestiaires sportifs	12,3	1	12,3
Vestiaires moniteurs	6,84	1	6,84
Vestiaires moniteurs	10,17	1	10,17
Local matériel	45,5	1	45,5
Infirmierie	15,4	1	15,4
Tapis-brosses	9,6	1	9,6
Rangement	9,7	1	9,7
Hall	20,6	1	20,6
Préau	30,7	1	30,7
Surface totale	783,11		

f) Espace extérieur	
cours et placettes à plus de 5000m ²	

g) Récapitulatif des surfaces m ²	
Désignation	Surface m ²
Locaux d'enseignement	1994,9

Centre didactique et administration	544
Services	179
Logements de fonction	571
Salle de sport	783,11
Surface totale	4072,01

Les plans de lycée Sidi Ali Labhar :
Le bloc C1 :



Figure : Plan du RDC, bloc C1 source : bureau d'étude ArchiPlus

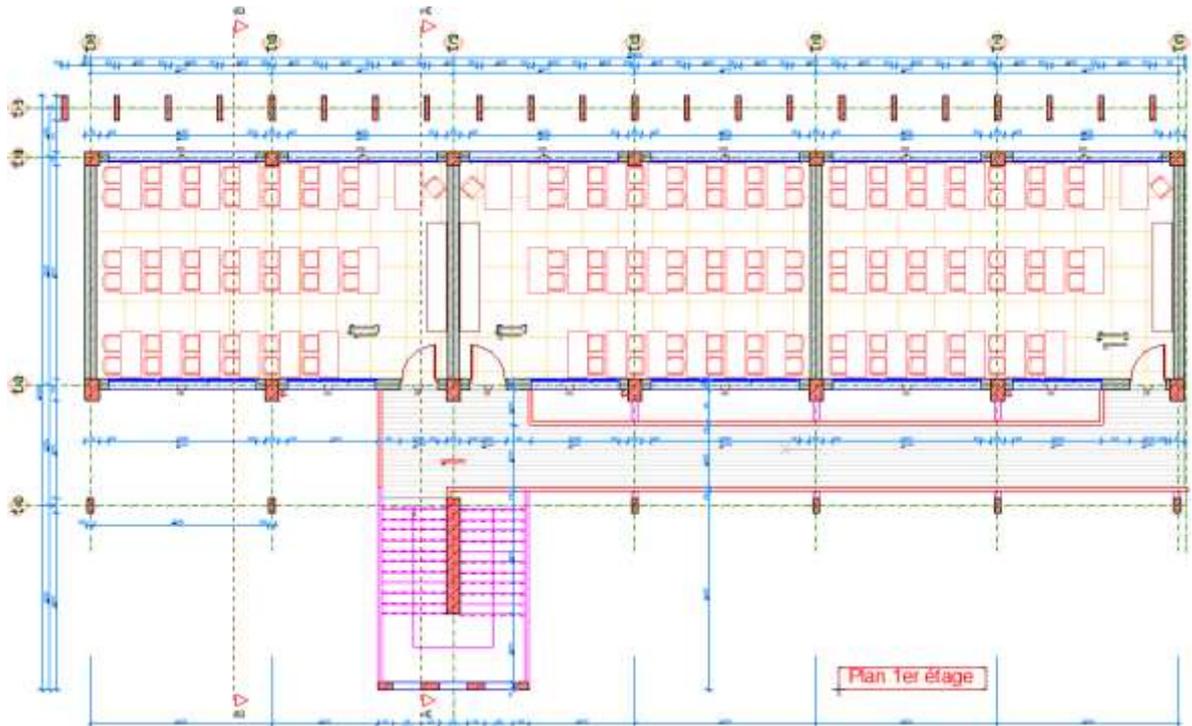


Figure : Plan 1^{er} étage, bloc C1 source : bureau d'étude ArchiPlus

Le bloc C2 :



Figure : plan du RDC, bloc C2 source : bureau d'étude ArchiPlus

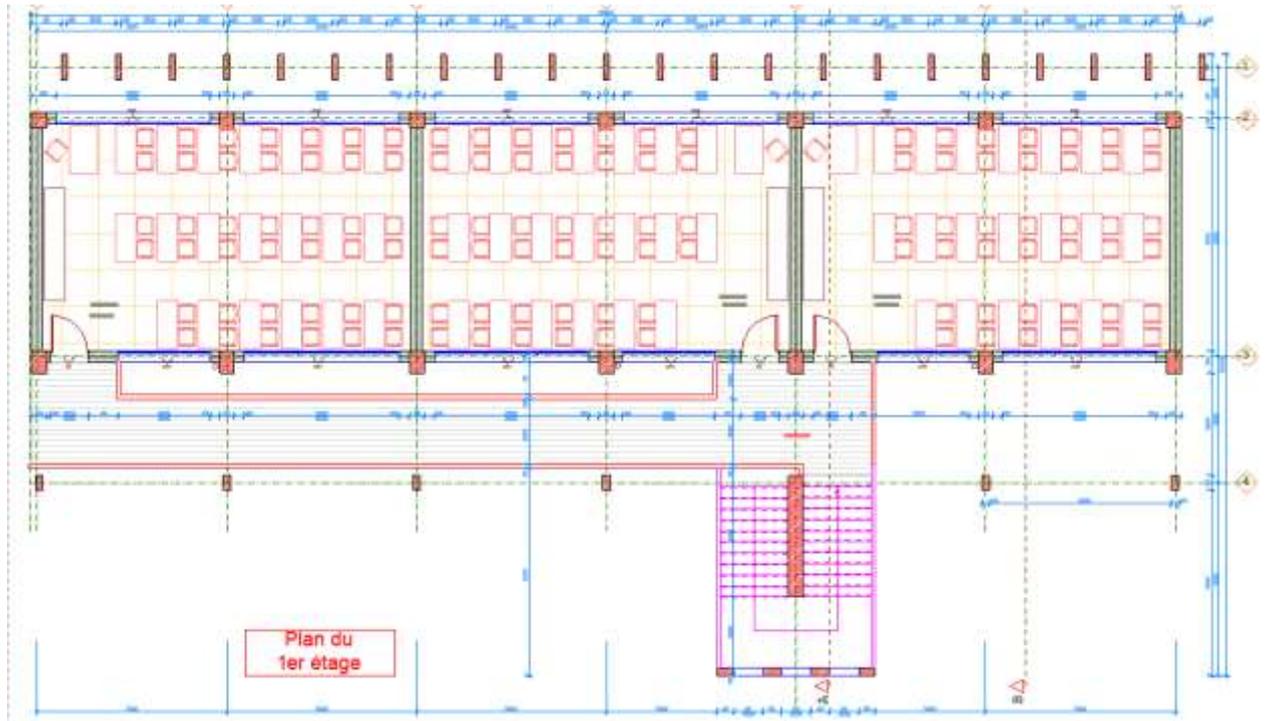


Figure : plan 1^{er} étage, bloc C2 source : bureau d'étude ArchiPlus

Le bloc C3 :

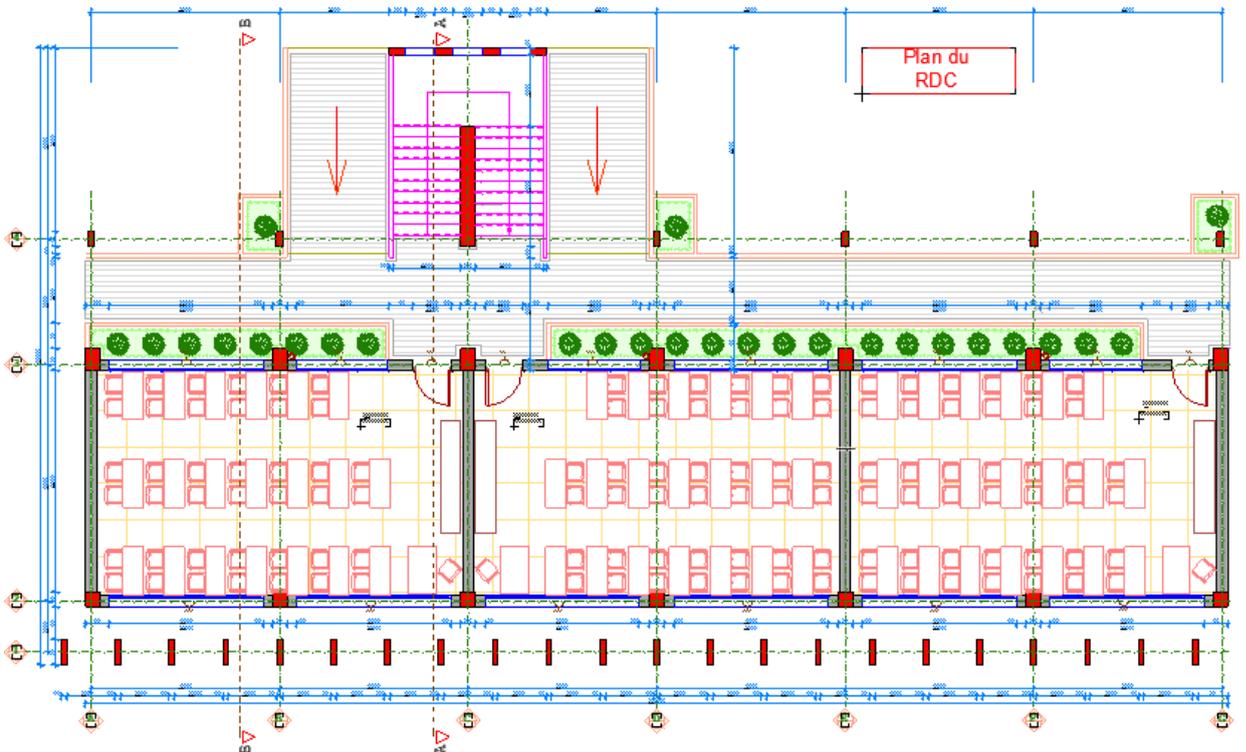


Figure : plan du RDC, bloc C3 source : bureau d'étude ArchiPlus

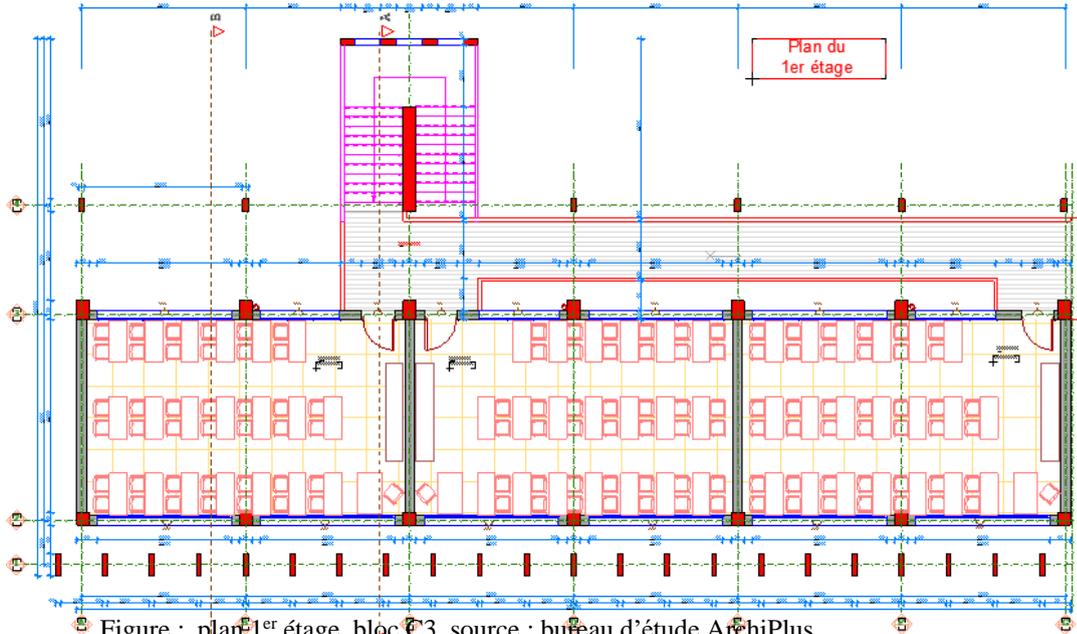


Figure : plan 1^{er} étage, bloc C3 source : bureau d'étude ArchiPlus

Bloc D :

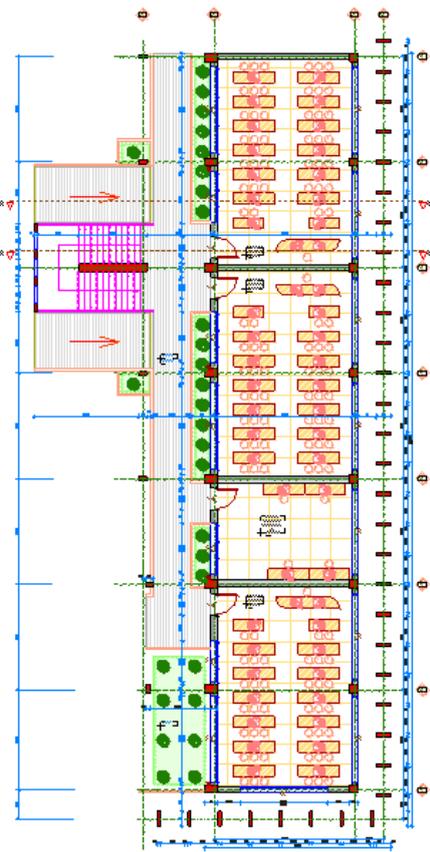


Figure : plan du RDC, bloc D source : bureau d'étude ArchiPlus

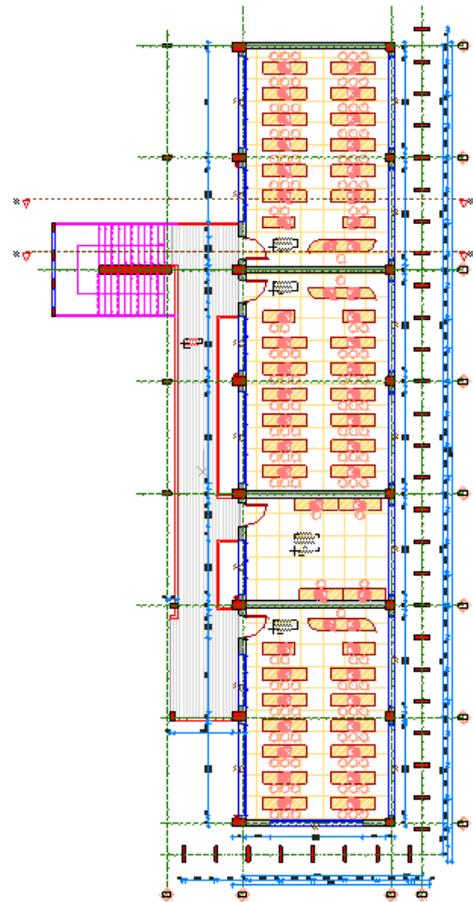


Figure : plan 1^{er} étage, bloc D source : bureau d'étude ArchiPlus

Le questionnaire :

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira Bejaia
Département d'Architecture Option : Architecture, environnement et technologie

Cette enquête fait partie d'une recherche menée dans le cadre d'un mémoire de Master en architecture.

L'objet de notre enquête est de tester l'appréciation des élèves de salles de classes de lycée Sidi Ali Labhar à Bejaia par rapport à l'environnement lumineux, cette enquête sera accompagnée par d'autres techniques complémentaires.

Veuillez, s'il vous plait répondre aux questions énoncées dans ce questionnaire avec autant de soin et de précision que possible, en cochant (X) à la case correspondante à votre réponse, ou en rédigeant une réponse. Les questions auxquelles vous n'avez pas de réponse laissez les vides. Les réponses sont totalement anonymes.

Merci énormément pour votre disponibilité et votre coopération.

Questionnaire

1. Votre âge :

2. Votre sexe : Homme Femme

3. Vous êtes en quelle année :

4. Portez-vous des lunettes de vue ? Oui Non

5. Appréciez-vous étudier dans les salles de classes de lycée ?

Oui Non

6. Combien d'heures passez-vous au lycée ?

Heures/jour Heures/semaine

7. Pour vous, qu'est-ce qui vous procure la sensation du bien-être dans une salle

Le calme les couleurs la surface la lumière le chauffage ou
climatisation (entourez la bonne réponse)

8. Comment trouvez-vous l'éclairage naturel dans cette salle ?

Lumineux : plutôt lumineux adéquat plutôt
sombre

Ensoleillé : plutôt ensoleillé adéquat faiblement ensoleillé

Agréable : agréable désagréable

Confortable : confortable inconfortable

9. En hiver, pensez-vous que la lumière naturelle dans cette salle :

Insuffisante Peu suffisante Suffisante

10. En été, trouvez-vous que la lumière naturelle présente dans la salle :

Insuffisante Suffisante Excessive

11. En mi saison (septembre/ mars), pensez-vous que la lumière naturelle dans cette salle :

Insuffisante Peu suffisante Suffisante

12. Comment trouvez-vous les dimensions des fenêtres dans cette salle ?

Petites Moyennes Grandes

13. Ou préférez-vous vous mettre ?

Pas de préférence Près de la fenêtre
Loin de la fenêtre

14. Recevez-vous des tâches solaires sur votre table?

Pas du tout Parfois Souvent

15. Etes-vous gêné dans votre travail par la présence des rayons solaires directs?

Pas du tout Un peu
Beaucoup

16. La réflexion des rayons solaires sur le tableau gêne-t-elle votre vision?

Pas du tout Un peu
Beaucoup

17. Aimeriez-vous contrôler la pénétration des rayons solaires dans la salle à l'aide d'un système de protection solaire Oui Non

Si OUI, quel est-il?
.....

18. Souffrez-vous de l'éblouissement des rayons solaires?

Pas du tout Un peu Beaucoup

19. Quelles sont les sources d'éblouissement qui vous gênent?

Soleil. Ciel Fenêtre Réflexions des parois internes
Réflexions du tableau.

20. à quel moment de la journée la lumière naturelle pénétrante vous semble être gênante (en général quelle que soit la saison) ?

Matin Midi Après-midi

21. Est-ce que vous avez remarqué l'apparition des traces d'ombre gênant sur votre plan de travail

Oui Non

22. Si oui, spécifiez la source de l'ombre

Votre propre ombre Ombre des objets à l'intérieur de la sa
Ombre des objets à l'extérieur de la salle

23. Ressentez-vous une fatigue visuelle pendant les séances

Non un Peu Oui

24. Si oui, quelle est la cause de cette fatigue

La qualité de la lumière La quantité de la lumière
Les couleurs des parois

Autre, spécifiez.....
.....

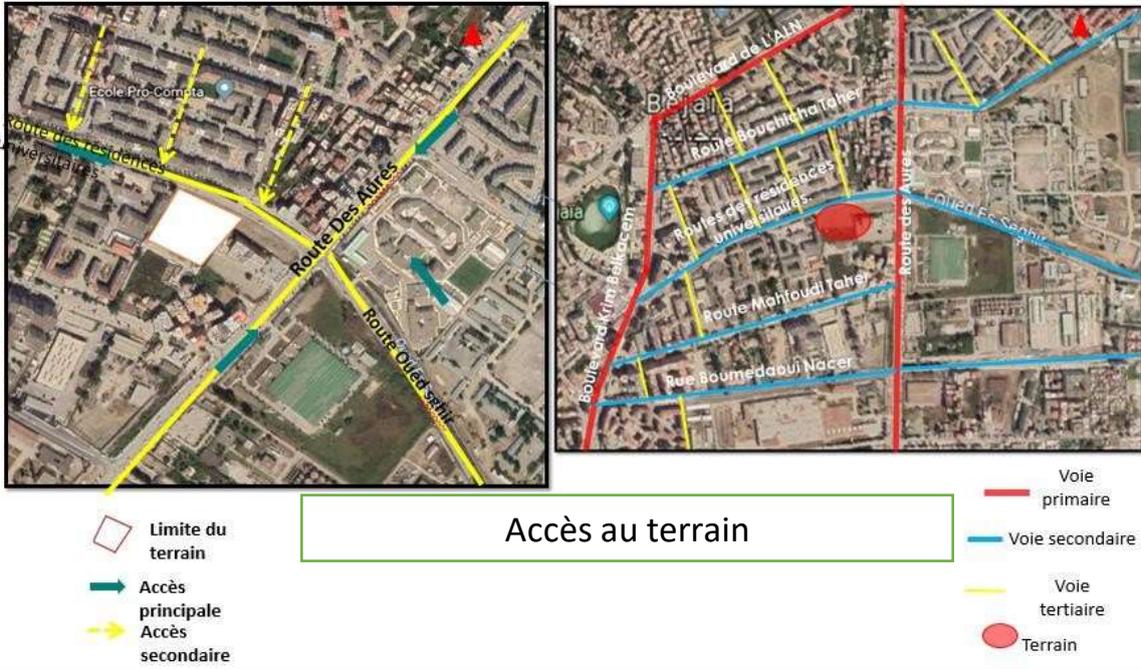
25. La qualité de l'environnement lumineux influe t- elle sur Votre capacité intellectuelle ?

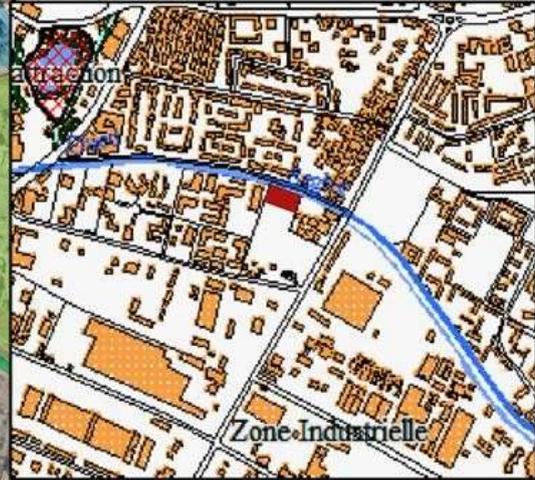
Oui Non

Merci pour votre disponibilité et votre coopération

L'analyse de site :

Accès au terrain





- Terrain
- Habitation
- Zone industrielle
- Zone militaire
- Equipements
- Oued Sghir

Environnement immédiat

Bâts et non bâts

- Terrain d'intervention
- Système bâti
- Oued principale



Topographie de terrain

Le site présente une morphologie plane avec une légère pente décroissante du côté Nord-Ouest. Le terrain est de nature alluvionnaire et argileux



L'ensoleillement et les vents dominant

Table de la matière :

Résumé

Liste des tableaux

Liste figures

Liste des graphes

Remerciement

Dédicace

Introduction générale

Partie théorique :

Chapitre I :

I. La lumière naturelle

Introduction

I.1. Définition de la lumière naturelle

I. 2. Les sources de la lumière naturelle

I. 2.1. Principale (le soleil)

I. 2.2. Secondaire (le ciel)

I. 3. les grandeurs photométriques :

I. 3.1. La photométrie

I. 3.1.1 Le flux lumineux

I. 3.1.2 L'intensité lumineuse

I. 3.1.3 L'éclairement

I. 3.1.4 La luminance

I. 3.1.5 Le facteur de lumière du jour (FLj)

I.4. Les stratégies de la lumière naturelle

I.5. Types de l'éclairage naturel

I.6. Types d'influences sur l'éclairage naturel

II. Le confort visuel

II. 1. Définition de confort

II. 2. Définition de confort visuel

II. 3. Les paramètres de confort visuel

II. 3.1 Le niveau d'éclairement

II. 3.2 La répartition harmonieuse et l'uniformité

II. 3.2.1 Uniformité de l'éclairement

II. 3.2.2 Uniformité de la luminance

II. 3.3 L'éblouissement

II. 3.4 L'ombre gênante

II. 3.5 Rendu de couleur correct

II. 3.6 Teinte de lumière

II. 4. Les critères de confort visuel

III. Les ambiances lumineuses :

III. 1. Définition de l'ambiance lumineuse

III. 2. Les types des ambiances lumineuses

III. 2.1. Catégorie 1

III. 2.1 Catégorie 2

- III. 2.1 Catégorie 3
- III. 3. Les paramètres influençant l'ambiance lumineuse
 - III 3.1 La forme et la dimension de la pièce
 - III 3.2 La structure
 - III 3.3 Les matériaux
 - III 3.4 Les couleurs

Conclusion

Chapitre II: l'établissement scolaire

Introduction

- II.1. Définition de l'établissement scolaire
- II.2. Historique de l'architecture scolaire
- II.3. Evolution spatiale de l'établissement scolaire
- II.4. La classification typologique en Algérie
- II.5. Normes architecturales
 - II.5.1. La conception du l'établissement scolaire
 - II.5.1.1. Implantation
 - II.5.1.2. Flexibilité
 - II.5.1.3. Densité du plan de masse
 - II.5.1.4. Nombre de niveau
 - II.5.1.5. orientation
 - II.5.2. Conception de salle de classe
 - II.5.2.1. Dimension, circulation, volume
 - II.5.2.2. Ouverture
 - II.5.2.3. Revêtement
- II.6. Norme d'éclairage
 - II.6.1. Eclairage naturelle dans les salles de classes
 - II.6.2. Disposition pour protéger les élèves contre l'éblouissement et la fatigues visuelle
- II.7. Le confort visuel dans les salles de classes
- II.8. La tache visuelle dans les salles de lecture
- II.9. Les niveaux d'éclairement requis dans les salles de classe
- II.10. les nuisances visuelles dans les salles de classes
- II.11. L'effet de l'orientation sur les salles de classes

Conclusion

Chapitre III :

I. Le processus méthodologique.

- I. 1. Introduction.
- I.2. L'évaluation quantitative.
 - I.2.1. Les prise de mesure in situ.
 - I.2.2. la simulation numérique.
- I. 3. l'évaluation qualitative.
 - I. 3.1. L'enquête par questionnaire.

II cas d'étude.

- II.1. Présentation de la zone d'étude.

- II.1.1. Situation.
- II.1.2 les conditions climatiques.
- II.2. présentation de cas d'étude.
- II.2.1.Presentation de cas d'étude.
- II.2.2.Situation.
- II.2.3.plan de masse.
- II.2.4.Motivation de choix
- II.2.5.description de projet.
- II.2.6.les cellules choisi.

III. Présentation des résultats de prise de mesures.

- III.1. présentation des résultats les prise de mesure in situ.
- III.2. La correspondance simulation prise de mesure.

Conclusion

Chapitre IV

I. La simulation numérique

- I.1. introduction.
- I.2. Présentation et interprétation des résultats de la simulation.
- I.3. La simulation avec les avancées construites horizontale (extensible).

II. Etude qualitative.

- II.1. Présentation et interprétation des résultats de l'enquête par questionnaire.
- Conclusion.

Chapitre V

I. Introduction.

II. Le choix de thème.

III.1. Analyse des exemples.

III.1.1.Exemple 01.

- III.1.1.1. Présentation du projet.
- III.1.1.2. Plan de situation.
- III.1.1.3. Plan de masse.
- III.1.1.4. Étude de plans.

III.1.2.exemple 02.

- III.1.2. 1. Présentation du projet.
- III.1.2.2. Plan de situation.
- III.1.2. 3. Plan de masse.
- III.1.2. 4. Étude de plans.

III.2. Analyse de terrain :

- III.2. 1. Justification du choix.
- III.2. 2. Présentation du site d'intervention.
- III.2. 3. Situation de terrain.
- III.2. 4. Schéma de structure.
- III.2. 5. Données climatiques.

III.3. Programmation.

- III.3.1. Le programme officiel d'un lycée.

III.4. L'idéation et forme de projet

- III.4. 1. Les étapes de l'idéation et forme de projet.

III.4. 2. La genèse de la forme.

III.4. 3. La simulation
numérique. Conclusion.

Conclusion générale

Références bibliographique

Annexes

Table de matières.

Abstract

In Alegria, more than a quarter of the population spend their life in schools, colleges, etc., several studies have been carried out on visual comfort in educational spaces, more specifically classrooms have all affirmed that the level of natural lighting has a great influence on the intellectual performance of students, and their psychological and physiological well-being. To do this, schools must ensure a comfortable, healthy and learning environment for students and teachers.

Our present research aims to assess the level of lighting in the classrooms of Sidi Ali Labhar high school in Bejaia, in order to identify all the problems related to natural lighting, and subsequently provide solutions for them. solve.

For this, we carried out a qualitative evaluation with a single method which is the questionnaire survey was distributed to high school students in order to find out their satisfaction and preferences regarding natural lighting. And a quantitative evaluation with two techniques: taking measurements for six classrooms of deferent orientation (east, west, south) to measure the amount of natural light that penetrates inside, for a single day in the three unfavorable periods of the day (9 a.m., 12 p.m., 4 p.m.), and a digital simulation to complete the measurements with the Archiwizard software.

This study allowed us to observe that the classrooms of this high school are not very comfortable because of problems of direct sunlight (the presence of sunspots on the work plan) causing risks of dazzling which has a negative influence on students. Finally, we made recommendations to resolve these issues to ensure a comfortable space for learning. The research we have done is an approach that helps us in our design, and the information collected will be applied in the end of study project.

Keywords: natural light, visual comfort, light atmosphere, classroom.