

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 :

Les méthodes d'évaluation des bâtiments durables comme
outils pour une architecture bioclimatique

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

Préparé par :

- Mekhoukh Hanaa
- Addalou Nahida

Encadré par :

- Dr Khadraoui M. Amine.
- Mr Allouache Samir.

Année Universitaire 2020 - 2021

Dédicaces

« À ceux que j'aime ...à ceux qui m'aimentà ma famille »

Merci, Hanaa.

Dédicaces

« À ceux que j'aime ... à ceux qui m'aiment ... à ma famille »

Merci, Nahida.

Remerciements

« Sans Dieu, pas un seul pas n'est possible »

En préambule à ce mémoire nous remercions Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, nous tenons à remercier nos encadrants Mr Khadraoui Mohammed Amine et Mr Allouache Samir pour l'orientation, la confiance et la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous n'oublierons pas de remercier tous les enseignants du département d'architecture de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia, pour les efforts qu'ils ont fourni durant notre cursus afin de nous accompagner jusqu'au bout de notre formation.

Enfin, grands mercis à nos familles respectives et nos amis qui nous ont aidés.

Résumé :

Aujourd'hui le développement durable occupe le centre de nos réflexions, dans tous les domaines de la vie et notamment dans le domaine du bâtiment ; ce dernier qui requiert des niveaux de performance énergétique et environnementale de plus en plus élevés rend complexe l'acte de construire et complique la prise de décision pour les maîtres d'œuvre et les maîtres d'ouvrage. L'enjeu de demain est également d'assister ces acteurs de la construction dans le choix de composants de construction ayant le moins d'impact sur l'environnement les plus appropriés pour des constructions durables.

Afin d'apporter une réponse à ses enjeux, le développement durable et ces concepts se sont traduits dans le domaine de la construction par l'apparition des méthodes d'évaluation des bâtiments durables dans plusieurs coins du monde, afin de limiter les impacts du bâtiment, tant sur l'environnement extérieur que sur ses usagers, et ce dans toutes les phases de vie du bâtiment.

Cette thèse a pour objectif de s'inscrire dans cette démarche environnementale en élaborant une méthode d'évaluation des bâtiments durables algérienne qui prend en compte les propriétés locales dans le processus d'évaluation.

Dans un premier temps, nous clarifions le concept du développement durable, perçu comme : « un développement qui répond aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » et son application dans le domaine du bâtiment révélant les différentes stratégies pour une architecture bioclimatique respectueuse de l'environnement. Nous présentons ensuite un état de l'art voulant le plus exhaustif que possible des méthodes d'évaluations, dans le cadre de ce projet de recherche les méthodes d'évaluation retenues sont HQE, LEED, BREEAM, afin mieux comprendre leur mode de fonctionnement.

Nous tenterons dans la deuxième partie d'élaborer une méthode d'évaluations à partir des différences et des valeurs locales tout en respectant les aspects de durabilité par défaut, la méthode qui en découle, nommée AASB (National action for Sustainable building) sera appliquée sur un prototype CNERIB afin de valider sa faisabilité à l'aide d'un fichier Excel nous élaborant également.

Cette recherche vise également à l'étude d'un des critères de ces méthodes d'évaluation, il s'agit de l'éclairage naturel en établissant des recommandations scientifiques opérationnelles afin de produire un climat intérieur assuré par un confort visuel tout en profitant au maximum de la lumière naturelle en parallèle en évitant l'effet de l'éblouissement, les mauvais apports thermiques ainsi que la répartition non homogène dans le but de réduire la consommation énergétique.

Mots clés : environnement, développement durable, architecture bioclimatique, méthode d'évaluation, efficacité énergétique, empreinte écologique.

Abstract :

Today, sustainable development is at the center of our thinking, in all areas of life and in particular, in the field of construction; the latter, which requires increasingly high levels of energy and environmental performance, makes the construction process complex and complicated decision-making for contractors and builders. The challenge of tomorrow is also to assist these construction players in choosing the building components with the least impact on the environment that are most appropriate for sustainable construction.

In order to respond to its challenges, sustainable development and these concepts have been translated in the field of construction by the emergence of methods for evaluating sustainable buildings in several parts of the world, in order to limit the impacts of the building, both on the external environment and on its users, and this in all phases of the life of the building.

This thesis aims to be part of this environmental approach by developing a methodology for the evaluation of Algerian sustainable buildings that takes into account local properties in the evaluation process.

In one prime time, we clarify the concept of sustainable development, revenue like one development that meets the needs of the present, without compromising the ability of future generations to meet their own" and its application in the field of construction revealing the different strategies for an environmentally friendly bioclimatic architecture then we present a state-of-the-art report on evaluation methods that is as comprehensive as possible. HQE, LEED, BREEAM, to better understanding their mode of operation.

In the second part, we will try to develop a method of evaluation based on differences and local values while respecting the default sustainability aspects. The resulting method, called AASB (National Action for Sustainable Building) will be applied on a CNERIB prototype in order to validate its feasibility using an Excel file also developing us.

This research also aims to study one of the criteria of these assessment methods, namely natural lighting by establishing operational scientific recommendations in order to produce an indoor climate assured by visual comfort while taking maximum advantage of the natural light in parallel by avoiding the effect of glare, poor thermal inputs and non-homogeneous distribution to reduce energy consumption.

Key words:

environment, sustainable development, bioclimatic architecture, assessment method, energy efficiency, ecological footprint.

Table des matières :

Table des matières

CHAPITRE INTRODUCTIF :

Introduction.....	I
Problématique.....	II
Hypothèses.....	III
Contexte et objectif de recherche	IV
Analyse conceptuelle	V
Méthodologie de recherche	VI
Structure du mémoire	VII
Liste des tableaux.....	IX
Liste des figures	
Annexes	

CHAPITRE 1 : La durabilité comme démarche environnementale en architecture.

1.1 Le développement durable :	3
1.1.1 Conceptualisation de la notion du développement durable :.....	4
1.1.2 Dimensions :.....	5
1.1.3 Les cibles et sous-cibles du développement durable :.....	6
1.1.4 Les principes du développement durable :	7
1.2 L'architecture durable : un enjeu majeur à l'heure de l'urgence :	8
1.2.1 Le cycle de vie du bâtiment : du berceau à la tombe.	8
1.2.2 Concepts et bases d'une architecture durable :	9
1.3 L'architecture bioclimatique :	10
1.3.1 Évolution :	11
1.3.2 Principes de l'architecture bioclimatique :	11
1.3.3 Les stratégies de l'architecture bioclimatique :	12

CHAPITRE 2 : Les méthodes d'évaluation des bâtiments durables.

2.1 Evaluation de la durabilité.....	19
2.1.1 Évaluation de la durabilité en architecture :.....	19
2.1.2 Les méthodes d'évaluation et de suivi :	20
2.2 Les méthodes d'évaluation des bâtiments durables :	21
2.2.1 Diffusion des principales certifications environnementales :.....	21
2.2.2 La démarche britannique « BREEAM » :	22
2.2.3 La démarche française HQE :	28
2.2.4 La démarche américaine LEED :	33

CHAPITRE 3 : élaboration d'une méthode d'évaluation adaptable au contexte algérien. ...

3.1 Élaboration d'une méthode d'évaluation pour le contexte algérien.....	41
3.1.1 Étude comparative des méthodes d'évaluation	41
3.1.2 Élaboration d'une méthode d'évaluation :	49
3.2 . Application de la méthode sur un bâtiment existant ; cas d'étude : maison prototype à Souidania.	55
3.2.1 Choix du cas d'étude :.....	55
3.2.2 Présentation du champ opérationnel :	55
3.2.3 Description de la maison prototype :.....	56
3.2.4 Application de la méthode AASB :.....	61

CHAPITRE 4 : étude de l'environnement lumineux dans les salles de lecture : un questionnaire axé sur la qualité d'éclairage naturel.....

CHAPITRE 4 : étude de l'environnement lumineux dans les salles de lecture : un questionnaire axé sur la qualité d'éclairage naturel.....	68
--	----

4.1	Première partie : étude empirique et évaluation de la qualité d'éclairage de la	
salle de lecture :	69
4.1.1	Critère de choix de l'objet d'étude :	70
4.1.2	Présentation du cas d'étude :	70
4.1.3	Description de la bibliothèque principale de BEJAIA :	72
4.2	Choix de la méthode d'investigation :	77
4.3	Étude numérique en vue de l'optimisation de la qualité d'éclairage dans la salle	
de lecture :	84
4.3.1	Présentation du logiciel de simulation :	84
4.3.2	Analyse et interprétation des Résultats :	87
4.3.3	Comparaison des résultats de la simulation et de la méthode in situ :	91
4.3.4	Recommandation :	93
4.3.5	Intervention en vue de l'amélioration de l'environnement lumineux dans la	
salle de lecture.	93
4.3.6	Analyse et interprétation des résultats :	104

Liste des figures :

Figure 1.1 : schémas de l'analyse conceptuelle (source : auteures, 2021).	V
Figure 1.2: schémas récapitulatif de la structure du mémoire (source : auteures, 2021).	I
Figure 1.1 : Schéma récapitulatif des dimensions du développement durable (source : auteures, 2021).	6
Figure 1.2: les cibles et les sous-cibles du développement durable.	7
Figure 1.3 : les principes du développement durable (source: auteures, 2021).	7
Figure 1.4 : cycle de vie du bâtiment (Liébard, 2005).	9
Figure 1.5 : les principes de l'architecture bioclimatique (source: Dominique Gauzin-Muller, 2001).	11
Figure 1.6: schéma illustrant les étapes de la stratégie du chaud (Source : CORREIA GUEDES, CANTUARIA ,2019).	12
Figure 1.7 : schéma illustrant les étapes de la stratégie du froid (Source : CORREIA GUEDES, CANTUARIA ,2019).	13
Figure 1.8 : représentatif des éléments agissant sur le confort visuel (source: auteures.....	15
Figure 1.9 : schéma illustrant les différentes étapes de la stratégie de la lumière naturelle (source : www.guidebatimentdurable.brussels.fr).....	16
Figure 2.1 : le processus d'évaluation de la durabilité. (Source : DAKHIA, 2019).	19
Figure 2.2 : Chronologie de l'évolution des méthodes d'évaluation des bâtiments durable (Source : SALAR ,2017).	22
Figure 2.3 : exemple de bâtiment certifié BREEM (Source : King ,2014).	23
Figure 2.4: les catégories d'évaluation BREEAM (source : www .Alto2 .ca)	25
Figure 2.5 : processus de certification BREEM (Source : www.alto2.ca .2020).	27
Figure 2.6 : exemple de bâtiment certifié HQE. (Source : Caducee.net.2015).	28
Figure 2.7 : les référentiels fondant la démarche HQE (Source : Jaunet, 2007).	30
Figure 2.8 : les 14 cibles de la démarche HQE (Source : CHEREQUI ,2005).	32
Figure 2.9 : les trois niveaux de performance de la HQE (Source : Sandrine Braymand et al., 2018).	32
Figure 2.10 : Processus de certification de la démarche HQE (Source : ADEME ,2009).	33
Figure 2.11 : frise chronologique de l'évaluation de LEED (Source : Zhang Ghaffarianhoseini).	33
Figure 2.12 : exemple de bâtiment certifié LEED (Source : DUCHAINE, 2018).	34
Figure. II. 2.13 : processus de certification LEED (Source : http://www.hqegbc.fr/).	37
Figure 3.1 : répartition des crédits pour chaque méthode d'évaluation.	48
Figure 3.2 : fiche technique de la maison prototype (source: ,2021).	56
Figure 3.3 : situation de la commune par rapport à la wilaya d'Alger (source : Google photos, 2021).	56
Figure 3.4: carte géographique indiquant la situation du projet par rapport à la commune (source : www.googlemaps , 2021).....	56
Figure 3.5 : situation géographique de la maison CNERIB, (source : www.viamichelin.fr ,2021)	57
Figure 3.6 : schéma représentatif des courses du soleil et vents dominants	57
Figure 3.7: organisation spatiale de la maison CNERIB ;(source: ,2021)	60
Figure 3.8: résultat de l'évaluation de la maison CNERIB	61
Figure 4.1 : situation géographique de la bibliothèque (source : www.sunearthtools.com) ...	70
Figure 4.2 : course du soleil en été ;(source : www.sunearthtools.com ,2021).	71
Figure 4.3 : course du soleil en hiver ;(source : www.sunearthtools.com ,2021).	71
Figure 4.4 : fiche technique de la bibliothèque (source : auteures, 2021).....	72
Figure 4.5: organisation spatiale bibliothèque,(source : auteures,2021).	73

Figure 4.6 : emplacement de la salle de lecture. (Source : Auteurs, 2021).	74
Figure 4.7 : plan de la salle de lecture (Source : Auteurs, 2021).	74
Figure 4.8 : vue et coupe sur les baies vitrées de la façade sud-ouest. (Source : Auteurs, 2021).	75
Figure 4.9 : vues intérieure sur les portes de la salle,(source:auteurs,2021).	76
Figure 4.10: vue intérieure sur le mur rideau (source : auteurs, 2021).	76
Figure 4.11 : vue intérieure sur les fenêtres en bois,(source: auteurs,2021).	77
Figure 4.12 : vue sur l'atrium, (source : auteurs, 2021).	77
Figure 4.13 : grille de mesure, (source : auteurs, 2021).	78
Figure 4.14 : application light mètre. (Source : Auteurs, 2021).	79
Figure 4.15 : carte d'éclairage enregistré à 9h (source : auteurs, 2021).	80
Figure 4.16 : la carte d'éclairage enregistré à 12h (source: auteurs,2021).	82
Figure 4.17 : la carte d'éclairage à 16h (source : auteurs, 2021).	83
Figure 4.18 : schéma représentatif paramètre d'étude du logiciel Archiwizard (source : www.Graitec.com, 2021).	85
Figure 4.19 : volumétrie de la salle de lecture sous Archicad (source : auteurs, 2021).	85
Figure 4.20 : paramétrage de configuration du logiciel (source : auteurs, 2021).	86
Figure 4.21 : ajustement de l'orientation du modèle, (source : auteurs, 2021).	86
Figure 4.22 : insertion des cartes d'éclairages sur archiwizard (source : auteurs, 2021).	87
Figure 4.23 : carte d'éclairage enregistré à 9 h (source : auteurs,2021).	88
Figure 4.24 : carte d'éclairage obtenue à 12h (source : auteurs, 2021).	89
Figure 4.25 : carte d'éclairage enregistré 16h (source: auteurs, 2021).	90
Figure 4.26 : les taches solaires réelles, (source:auteurs,2021).	91
Figure 4.27 : les taches solaires générées par la simulation (source : auteurs, 2021).	91
Figure 4.28 : la carte d'éclairage résultante de la simulation numérique ; (source : auteurs, 2021).	92
Figure 4.29 : carte d'éclairage réalisée, (source : auteurs, 2021).	92
Figure 4.30 : schéma récapitulatif des interventions réfléchies, (source : auteurs, 2021).	94
Figure 4.31 : coupe sur la paroi nord-ouest avant correction (source : auteurs, 2021).	94
Figure 4.32 : carte d'éclairage à 12h ;(source : auteurs, 2021).	95
Figure 4.33 : carte d'éclairage à 9h ;(source : auteurs, 2021).	95
Figure 4.34 : carte d'éclairage à 16h (source : auteurs, 2021).	95
Figure 4.35 : avant la correction, (source : auteurs, 2021).	96
Figure 4.36 : carte d'éclairage à 9h, (source : auteurs, 2021).	96
Figure 4.37 : carte d'éclairage à 12h (source : auteurs, 2021).	96
Figure 4.38 : carte d'éclairage à 16h (source : auteurs, 2021).	96
Figure 4.39 : coupe sur la paroi nord-est avant modifications. (Source : auteurs, 2021).	97
Figure 4.40 : carte d'éclairage du 1 ^{er} scénario à 12h, (source : auteurs, 2021).	97
Figure 4.41 : carte d'éclairage du 1 ^{er} scénario à 9h, (source : auteurs, 2021).	97
Figure 4.42 : carte d'éclairage 1 ^{er} scénario à 16h, (source : auteurs, 2021).	98
Figure 4.43 : coupe sur la fenêtre de la façade principale avant et après intervention, (source : auteurs, 2021).	98
Figure 4.44 : carte d'éclairage à 12h, (source : auteurs, 2021).	99
Figure 4.45 : carte d'éclairage à 9h (source auteurs, 2021).	99
Figure 4.46 : carte d'éclairage à 16h, (source : auteurs, 2021).	99
Figure 4.47 : coupe schématique représentant le avant et après la mise en place des brises soleil, (source : auterues, 2021).	100
Figure 4.48 : carte d'éclairage à 9h, (source : auteurs, 2021).	100
Figure 4.49 : carte d'éclairage à 12h, (source : auteurs, 2021).	100
Figure 4.50 : carte d'éclairage à 16h, (source : auteurs, 2021).	100

Figure 4.51 : coupe représentant avant et le après de l'ouverture du fumoir, (source : auteures, 2021).....	101
Figure 4.52 : carte éclairage à 12h, (source : auteures, 2021).....	101
Figure 4.53 : carte éclairage à 9h, (source : auteures, 2021).....	101
Figure 4.54 : carte éclairage à 16h, (source : auteures, 2021).....	102
Figure 4.55 : figure représentant l'état du fumoir avant et après l'intervention (source : auteures, 2021).	102
Figure 4.56 : carte d'éclairage à 12h (source : auteures, 2021)	103
Figure 4.57 : carte d'éclairage à 9h (source : auteures, 2021).	103
Figure 4.58 : carte d'éclairage à 16h (source : auteures, 2021).	103
Figure 4.59 : les différents résultats du scenario 8 (source : auteurs, 2021).	104
Figure 4.60 : cartes d'éclairages obtenues à 9h (source:auteures,2021).....	104
Figure 4.61 : carte d'éclairage générée à 12h ;(source : auteures,2021).	105
Figure 4.62 : carte d'éclairage générée à 16h (source : auteures, 2021).....	106

Liste des tableaux :

Tableau 1.1: Les événements clés de l'émergence du développement durable	4
Tableau 1.2 : concepts et pratiques de durabilité architecturale	9
Tableau 2.1 : évolution historique de BREEM	23
Tableau 2.2 : Les objectifs fixés pour chaque catégorie de BREEM.	25
Tableau 2.3 : la répartition des crédits et des pondérations pour chaque catégorie de BREEM..	26
Tableau 2.4 : les Niveaux de performances BREEAM.	27
Tableau 2.5 : les différents référentiel HQE.	29
Tableau 2.6 : Évolution historique de la démarche HQE	29
Tableau 2.7 : la Définition exigentielle de la démarche HQE	31
Tableau 2.8 : Le champ d'application pour chaque catégorie de LEED	34
Tableau 2.9 : les catégories d'évaluation de LEED.	35
Tableau 2.10 : les objectifs des catégories d'évaluation de LEED.....	35
Tableau 2.11 : distribution des points pour la catégorie LEED V4 « nouvelle construction ». (Source : www.saint-gobain.com).....	36
Tableau 2.12 : les niveau de performance LEED pour different type d'operation	36
Tableau 2.13 : Les niveaux de certification LEED	36
Tableau 3.1 : comparaison de l'indicateur de mangement pour HQE, LEED et BREEAM. .	42
Tableau 3.2 : comparaison des indicateur de de l'utilisation des terre et écologie pour HQE, LEED et BREEAM.	42
Tableau 3.3 : comparaison des indicateur du transport pour HQE, LEED et BREEAM	43
Tableau 3.4 : comparaison de l'indicateur de la pollution pour HQE, LEED et BREEAM..	43
Tableau 3.5 : comparaison des indicateurs de l'énergie pour HQE, LEED et BREEAM.	44
Tableau 3.6 : comparaison des indicateurs de l'énergie pour HQE, LEED et BREEAM.	44
Tableau 3.7 : comparaison des indicateurs de la santé et du bien-être pour HQE, LEED et BREEAM.	45
Tableau 3.8 : comparaison de l'indicateur de l'innovation pour HQE, LEED et BREEAM.	45
Tableau 3.9 : comparaison de l'indicateur des déchets pour HQE, LEED et BREEAM.	46
Tableau 3.10 : comparaison de l'indicateur de la qualité de l'eau pour HQE, LEED et BREEAM.	46
Tableau 3.11 : Les critères retenus pour la méthode AASB.....	51
Tableau 3.12 : Les indicateur fixé pour chaque critère.	51
Tableau 3.13 : les crédits fixés pour chaque indicateur pour la méthode AASB,	53
Tableau 3.14 : Les niveaux de performance de la méthode AASB.	54
Tableau 3.15: caractéristiques de la maison prototype ;	59
Tableau 4.1: les normes d'eclairage dans les batiments tertiaires selon les methodes d'evaluation.....	80
Tableau IV.04.2 : valeurs obtenues dans la partie B;.....	112
Tableau IV.04.3: valeurs obtenues à 12h dans la partie A;.....	113
Tableau IV.04.4: valeurs obtenues à 12h dans la partie B;	113
Tableau IV.04.5: valeurs obtenues à 16h dans la partie A;	114
Tableau IV.04.6: valeurs obtenues dans la partie B;(.....	114

Chapitre introductif

Introduction générale

Durant longtemps, la défense de l'environnement ne semblait être qu'une affaire de « hippies ». Mais en 1987, le rapport Brundtland a permis de faire prendre conscience que la sauvegarde de la planète devenait des enjeux majeurs de nos sociétés contemporaines, de plus Henri Bergson nous alerte dans son livre «Les deux sources de la morale et de la religion » du danger de l'évolution nos sociétés : ' L'humanité gémit, à demi écrasée sous le poids des progrès qu'elle a fait. Elle ne sait pas assez que son avenir dépend d'elle. A elle de voir d'abord si elle veut continuer à vivre'. Révélant ainsi la deuxième facette de nos évolutions, des changements qu'elles engendrent et de ses répercussions significatives sur l'environnement et l'équilibre social. Une perspective qui est toujours d'actualité, où les notions du développement et de durabilité se sont croisées pour ranimer l'humanité, une cognition qui s'universalise dans le but de réfectionner le monde.

Il semblait alors de plus en plus évident que nos réflexions vis-à-vis de l'évolution de nos sociétés se devait d'intégrer les notions écologiques. Dès lors, suivant le rapport Brundtland, le développement de toute société ne pourra être qualifié de durable que s'il « répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Effectivement au cours de cette dernière décennie le monde a connu un alourdissement au niveau de la consommation énergétique qui ne cesse d'accroître, la majorité de ces énergies sont issues des sources non renouvelables à court et moyen terme, ces dernières représentent la plus grande source des émissions de gaz à effet de serre dans un monde qui subit déjà les effets négatifs de l'activité humaine sur son environnement. Effectivement l'Industrie est responsable de l'émission de 19% des gaz à effet de serre, le transport de 24% (AIE, 2017) mais le secteur du bâtiment et de la construction demeure le secteur ayant le plus d'impacts sur l'environnement notamment par la quantité de déchets produits et de ressources consommées par le bâtiment. La construction, mais surtout l'exploitation du bâtiment (eau, éclairage, chauffage, entretien), engendrent la consommation de près de la moitié de l'énergie produite dans le monde, avec 44 % de la consommation énergétique et il est responsable de 23% des émissions de gaz à effet de serre 50% de la production de déchets (ADEME).

Contrairement à ce qui a été constaté dans les autres secteurs comme les transports ou l'industrie, le domaine du bâtiment a déjà entamé sa «révolution écologique » comme le témoigne la diversité des certifications environnementales en vigueur sur le marché international.

A la fin du siècle dernier, les communautés scientifiques et politiques ont commencé à prendre conscience de l'épuisement des ressources, des capacités d'absorption de la planète, et du fait que l'avenir des générations futures ne pourrait être garanti que par des méthodes de restauration du capital détruit, ou de retardation de sa dilapidation (Bled 2016).

ainsi le développement durable est devenu le mot d'ordre dans les débats internationaux; plusieurs démarches pour évaluer la durabilité ont vu le jour et ceci dans des domaines aussi différents que l'architecture, l'agroalimentaire ou l'automobile et c'est à partir de là que

la notion d'évaluation des bâtiments a commencé à prendre un autre tournant, cette dernière qui était basée autre fois uniquement sur des critères fonctionnels artistiques et historiques semble aujourd'hui s'intéresser au développement durable.

Afin d'évaluer ou de prévoir la durabilité d'un système, il est suggéré d'élaborer des critères qui peuvent être utilisés pour indiquer à quel point les politiques, les stratégies et les solutions techniques mises en place participent au développement durable (Becker 1997), d'où l'apparition d'un nombre important d'outils permettant l'évaluation de la performance énergétique environnementale et de la durabilité des bâtiments. Ces méthodes ont été élaborées pour évaluer la réussite de tout développement est en ce qui concerne l'énergie, l'environnement et l'écologie, en tenant compte à la fois des aspects sociaux et techniques des projets (Clements-Croome, 2004).

Ces outils appelés méthodes d'évaluation des bâtiments durables sont en train de voler en éclat pour toucher au but de développer et mettre en œuvre une méthodologie systématique pour soutenir la conception d'un bâtiment qui réalise l'équilibre entre les différentes dimensions de la durabilité, et qui est, en même temps, pratique, transparent et suffisamment souple pour être facilement adapté aux différents types de bâtiments et au rythme continu de l'évolution de la technologie.

Les méthodes d'évaluation sont basées sur des indicateurs distincts, ou des valeurs de référence fondées sur un critère unique, afin de surveiller les aspects spécifiques de la performance environnementale des bâtiments tels que la qualité de l'air, la gestion de l'eau et le confort visuel, ce dernier qui est assuré en grande partie par une bonne qualité d'éclairage où la lumière naturelle a une qualité spectrale qui contribue beaucoup à ce confort.

Pour cela la maîtrise de l'éclairage naturel semble de plus en plus évidente pour contribuer à des systèmes d'éclairage dit optimaux en termes de confort et de dépenses énergétiques.

La lumière naturelle devient un véritable enjeu dans une démarche environnementale. Elle se doit de plus en plus écologique et d'intégrer au maximum des solutions en faveur du développement durable. Ceci a été reconnu par l'Organisation des Nations Unies (2002) qui a désigné la période 2005-2014 comme la décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable et qui a établi la rénovation et la construction d'écoles durables comme l'une de ses stratégies clés pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et stimuler des styles de vie responsables à long terme.

La présente recherche s'inscrit dans une optique visant le but de soutenir et de sensibiliser la question écologique afin d'atteindre les objectifs du développement durable dans le domaine de l'architecture et de la construction.

Problématique :

Les enjeux capitaux de toute politique énergétique et environnementale sont donc de réduire les consommations d'énergie dans ce secteur crucial, et d'instaurer une maîtrise de l'énergie ainsi que la diminution des multiples émissions et impacts des bâtiments sur l'environnement, ces objectifs ont incité les gouvernements de tous les niveaux, à développer au cours de la dernière décennie un référentiel de construction visant à définir les critères d'un bâtiment durable. Ces référentiels appelés "méthodes d'évaluation des bâtiments durables"

ont été créés dans le but d'évaluer objectivement l'utilisation des ressources, des contraintes écologiques et des qualités environnementales intérieures.

De gros efforts ont été alors consentis pour créer un outil qui s'intéresse à l'étude d'une ou plusieurs caractéristiques de performance environnementale d'un bâtiment. Donc, il est important à la fois, d'améliorer la performance énergétique des bâtiments, et de disposer d'outils multicritères, suffisamment fiables, permettant de mettre en évidence les sources des impacts environnementaux (effet de serre, eutrophisation, consommation d'eau...), d'un bâtiment tout le long de son cycle de vie. Ces impacts issus dès la phase de sa construction, durant son utilisation, et sa rénovation jusqu'à la fin de la vie de ce même bâtiment (la démolition), permettant ainsi aux acteurs du bâtiment (architectes, concepteurs et maîtres d'ouvrages) de faire le choix le plus cohérent (de systèmes constructifs et de matériaux de construction, d'équipements, etc....) par rapport à leurs objectifs visés pour ces derniers.

Dans ce contexte le confort visuel représente une des préoccupations de ces méthodes d'évaluation, ce confort dépend en grande partie de l'éclairage qui se doit de plus en plus écologique et d'intégrer au maximum des solutions en faveur du développement durable en favorisant l'utilisation de la lumière naturelle et poussent la conception à garantir des niveaux optimaux d'éclairage et d'uniformité en lumière naturelle afin de minimiser la consommation de l'énergie électrique .

Ainsi se dégage la problématique dévoilant les préoccupations suivantes :

- **Quel est le rôle des méthodes d'évaluation du bâtiment durable ? leurs spécificités, et sur quels critères se basent-elles pour définir un bâtiment durable ?**
- **Comment pourraient-elles influencer les pratiques de construction et de conception durable ?**
- **comment bénéficier de la lumière naturelle afin assurer un confort visuelle et quelle sont les stratégies utilisé afin de réduire la consommation énergétique**

Les hypothèses :

Dans but d'apporter des éléments de réponse A la problématique posée, nous mettons en amont les hypothèses suivantes :

- Ces méthodes semblent jouer des rôles différents mais dans un but unique qui est celui de réduire l'empreinte écologique, on prend pour acquis qu'elles permettent d'évaluer les bâtiments et vérifier leur conformité avec les principes du développement durable, quantifier l'impact environnemental d'une part, et accompagner différents acteurs du bâtiment pour appuyer les décisions visant à aligner leur intervention.
- Pour une conception durable, On présume que Ces différentes méthodes agissent pour évaluer les bâtiments en traçant comme cibles plusieurs aspects tel que l'énergie, le choix des matériaux de construction et l'environnement intérieur, tous ces aspects doivent passer sur une échelle d'évaluation et de pondération à certains niveaux afin d'aboutir à une note finale pour certifier le bâtiment.

- De l'adversité naît l'innovation, la variation de ces méthodes d'évaluation, nous laissent croire qu'elles ont toutes en commun l'efficacité énergétique, mais leur avalanche indique que chaque méthode se singularise selon le pays dans lequel elle a été développée, le type des bâtiments pour lesquels elles ont été appliquées, la méthodologie qu'elles ont emprunté et la manière dont elle l'utilise ces méthodes
- nous admettons que pour une conception écologique, les acteurs concernés vont faire leur possible pour réduire la consommation énergétique en privilégiant les énergies renouvelables en mettant en place des dispositifs de réduction et d'efficacité énergétique tout en garantissant le confort des occupants, la pollution sera également un point d'attention considéré comme essentiel qu'elle soit induite par le chantier ou par le bâtiment durant tout son cycle de vie en réduisant la production des déchets et l'usage de matériaux locaux et recyclables.
- Après avoir défini les besoins en éclairage en fonction de l'usage envisagé ; un confort visuel optimal est assuré en capturant au maximum la lumière naturelle, tout en la répartissant uniformément à l'intérieur du bâtiment, en été comme en hiver. il faudrait en conséquence, se protéger des rayons lumineux directs en intégrant des protections solaires, ceci permettra de réduire l'utilisation de l'éclairage artificiel et de ce fait minimiser les consommations énergétiques.

Contexte et objectif de la recherche :

Après trois décennies de développement et un passage à vide en matière de culture écologique, l'Algérie s'est rendue compte depuis l'émergence du débat sur l'environnement-développement, qu'elle a, au même titre que les autres pays, des problèmes d'environnement qu'elle ne peut ignorer.

Pour mesurer pleinement l'ampleur des problèmes écologiques en l'Algérie et pouvoir proposer des solutions aussi efficaces que pérennes, il s'avère important de replacer la problématique écologique dans le contexte général du modèle de développement durable et d'établir une méthode d'évaluation des bâtiments durables adéquate au contexte climatique et juridique algérien

Dans ce contexte, notre recherche propose une série de méthodes d'évaluation des bâtiments durables comme outils d'aide à la décision.

Le principal objectif de notre recherche est porté sur la conception d'une nouvelle méthode d'évaluation du bâtiment durable adapté au contexte algérien à partir des méthodes d'évaluations existantes. Nous souhaitons qu'à travers ce texte tout individu ou organisme puisse comprendre les fondements des Méthodes d'évaluation du bâtiment durable pour les améliorer ou les adapter à leurs exigences, d'autres objectifs viennent en complémentarité à l'objectif principal : de mettre en lumière les limites des méthodes existantes afin de nous permettre de souligner leurs aspects complémentaires.

Cette étude s'intéresse également au sujet du bioclimatisme dans le bâtiment afin de soustraire des solutions pour l'intégration de la dimension climatique « profiter des énergies gratuites » à partir des cas existants.

Cette recherche a également pour objectif l'étude d'un des critères de ces méthodes d'évaluation des bâtiments durables, qui est celui du confort visuel afin de déterminer les stratégies à employer permettant son optimisation, pour réduire la consommation énergétique.

Analyse conceptuelle :

L'analyse conceptuelle de la recherche a permis d'identifier à partir de l'hypothèse des concepts qu'on essaiera de concrétiser afin de les transformer en phénomène mesurable :

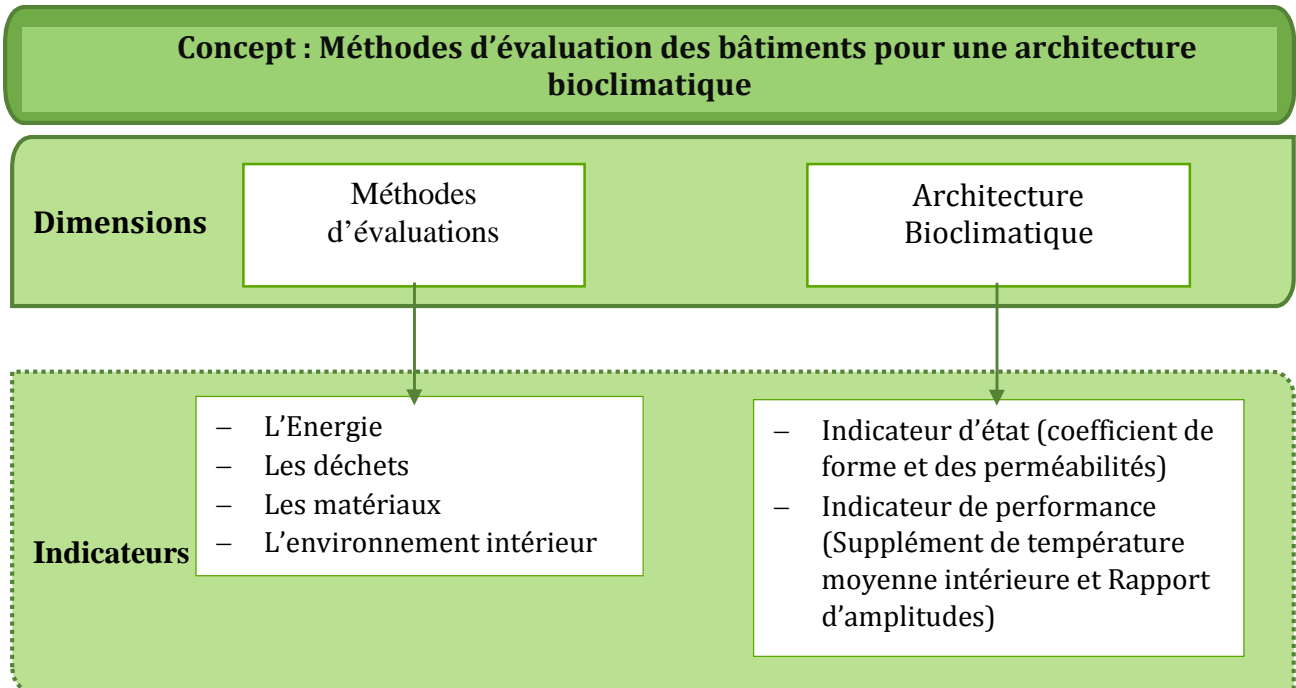


Figure 1.1 : schémas de l'analyse conceptuelle (source : auteures, 2021).

Méthode de recherche :

Pour répondre aux différentes problématiques et vérifier les hypothèses précédentes, nous allons adopter dans notre recherche plusieurs approches méthodologiques basées sur deux types d'investigations.

La première purement théorique qui présente un corpus théorique englobant les définitions et les notions principales du développement durable et de l'architecture bioclimatique et une revue des différentes méthodes d'évaluation des bâtiments durables, cette partie est basée sur une recherche bibliographique et documentaire de divers sources (thèses , livres, articles scientifiques ...) , qui permet la compréhension des éléments les plus importants se rapportant à notre sujet de recherche

La deuxième expérimentale : qui s'appuie sur une combinaison de techniques relevant à la fois la qualité et la quantité pour évaluer l'un des aspects des systèmes de notation étudié « La qualité d'éclairage ».

Concernant l'évaluation quantitative, elle est basé sur une campagne de mesure déterminant les taux d'éclairement in situ au différentes périodes de la journée grâce à une application (luxmètre) , en ce qui concerne la méthode qualitative nous avons eu recours à

une simulation numérique réalisée avec le logiciel archiwizard afin de valider le modèle numérique dans un premier temps et de vérifier l'efficacité des dispositifs architecturaux proposés afin d'améliorer le niveau d'éclairement dans la salle de lecture .

Structure du mémoire :

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre des efforts menés pour maîtriser les impacts environnementaux des bâtiments tout en assurant une qualité des ambiances intérieures satisfaisante , et il est composé d'un chapitre introductif et deux parties dont chacune regroupe un ensemble de chapitres , la première partie traitera l'aspect théorique et la deuxième l'aspect pratique.

- **Chapitre introductif :** qui comporte l'introduction générale dans laquelle nous aborderons la consommation énergétique mondiale et le rôle des acteurs politiques et scientifiques dans cette crise écologique, ce chapitre comporte également la problématique de la recherche, les hypothèses de recherche, les objectifs, l'analyse conceptuelle, la démarche suivie ainsi que la structure du mémoire.

- **Partie théorique :** cette partie est consacrée à la formulation des définitions théoriques des fondements dans notre sujet d'étude et elle s'articule autour de deux chapitres.

- **Chapitre 1 :** où nous présentons un recensement de littérature sur le développement durable et la notion de l'architecture bioclimatique , nous introduisons nos propos par une brève historiographie dans laquelle nous présentons l'évolution de la pensée environnementale et l'émergence du développement durable d'une manière générale puis en ciblant le domaine de la construction , on abordera par la suite les différents concepts et les stratégies liées à l'architecture bioclimatique afin de comprendre le fonctionnement d'un bâtiment durable .

- **Chapitre 2 :** expose l'état de l'art sur les méthodes d'évaluation des bâtiments durables les plus répandus dans le monde (HQE , LEED , BREEAM) en présentant la genèse de chaque méthode , ses critères d'évaluation, son système de notation et son processus de certification , cette revue de littérature nous permettra d'établir un cadre conceptuel qui nous guidera dans l'élaboration de notre propre méthode d'évaluation des bâtiments durables pour le contexte algérien.

- **Partie pratique :** elle comporte le cadre méthodologique et analytique de la recherche développé sous forme de deux chapitres.

- **Chapitre 3 :** consiste à la conception d'une nouvelle méthode d'évaluation adaptée pour le contexte algérien avant d'aborder la structure de la nouvelle méthode développée , nous avons commencé d'abord par une étude comparative des différents critères des

méthodes précédemment étudié révélant ainsi les contrastes existant entre elles et leurs aspects complémentaires et nous avons ensuite appliqué cette nouvelle méthode à l'aide d'un logiciel Excel sur un prototype algérien .

- **Chapitre 4** : propose l'étude d'un des critères des méthodes d'évaluations traitées, il s'agit de l'évaluation de l'environnement lumineux à l'intérieur des salles de lecture.

nous avons commencé d'abord par la présentation de notre cas d'étude «la bibliothèque principale de Bejaïa », ensuite évaluer la qualité à l'aide de deux méthodes ce chapitre comporte deux types d'investigations : la première empirique permettant de mesurer la quantité d'éclairage de la salle de lecture choisie et comparer ces résultats avec évaluations par simulation numérique qui nous permettra de valider le modèle numérique de la salle de lecture ; nous avons proposé à la fin quelques recommandations qu'on a appliquées pour améliorer le confort visuel dans la salle de lecture.

- **Conclusion générale** : Expose les synthèses tirées des différents chapitres et affirme nos hypothèses de départ ainsi que les recommandations pour une meilleure conception répondant à l'exigence environnementale ainsi que les limites de la recherche et ses futures perspectives.

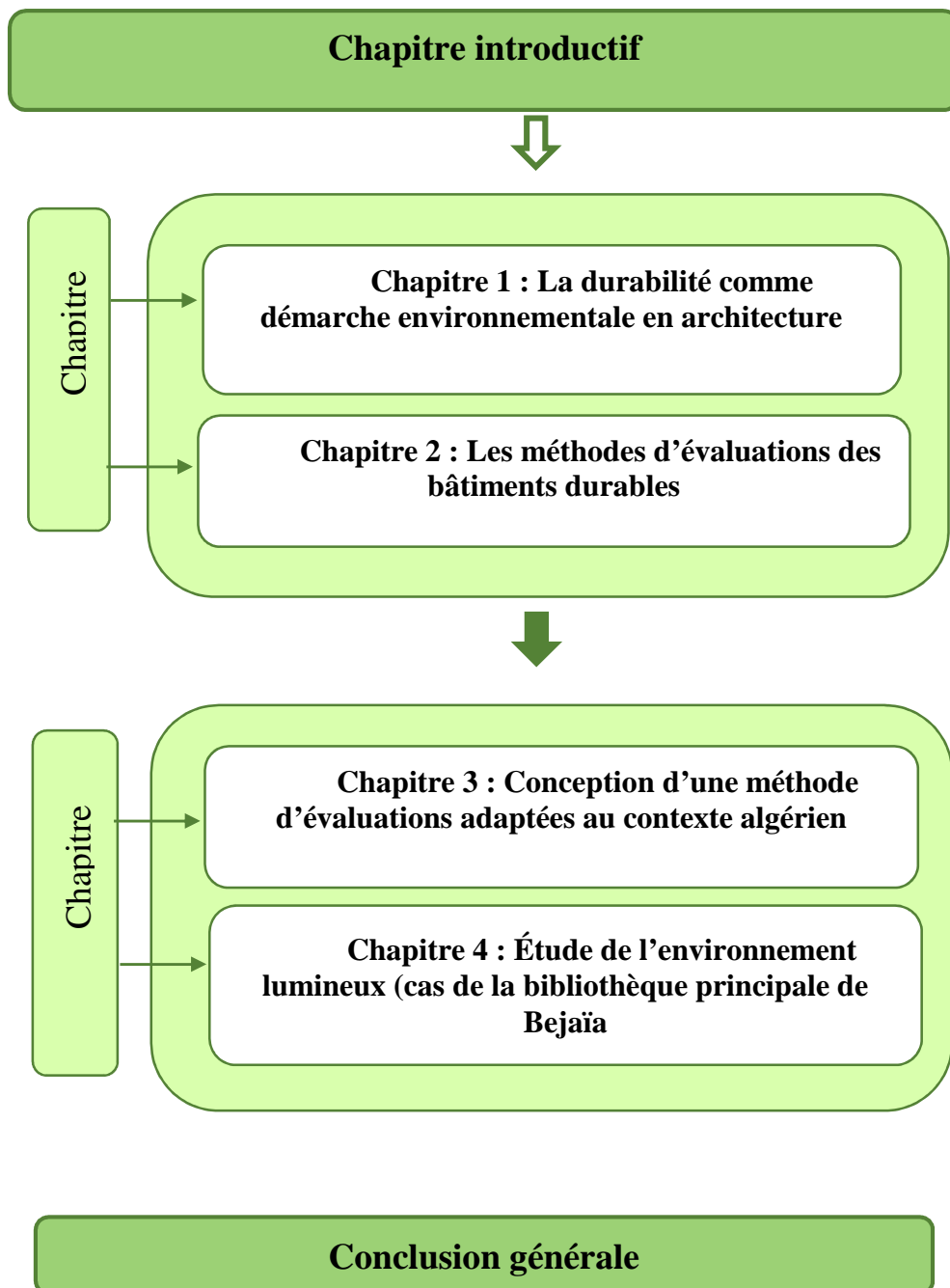


Figure 1.2: schéma récapitulatif de la structure du mémoire (source : auteures, 2021).
Le schéma ci-dessus résume l'organisation générale de notre thèse

PARTIE THÉORIQUE

CHAPITRE 1 :
*La durabilité comme démarche
environnementale en architecture*

Introduction :

Nous vivons dans un monde où 20 % des êtres humains se partagent plus de 80 % de la consommation mondiale totale (Equiterre, 2002), sans nous laisser désapprendre que les pays développés génèrent eux même 96 % des déchets mondiaux. C'est pourquoi, aujourd'hui, à cette heure d'urgence, il est plus que nécessaire voire vital de surpasser cette image et d'agir concrètement pour y remédier ou plutôt proposer des démarches conduisant à des solutions.

Aujourd'hui, l'architecture soucieuse de son environnement prend plusieurs visages, l'un d'eux constitue en premier plan, des préoccupations pour une perspective d'un environnement et de constructions durables comme étant le défi majeur du XXI siècle, l'ambiguïté du concept, la vastitude de son utilisation et l'application concrète de ces modèles dans les différentes disciplines a conduit à une multitude de définitions, ce concept est alors à la tête de notre travail car le développement durable joue aujourd'hui un rôle essentiel en constituant la première énigme de la société tout en possédant le rôle essentiel dans les questions relatives à l'environnement construit, compte tenu des évolutions sociétales en matière de prise de conscience des enjeux environnementaux et de la recherche de performance accrue pour les bâtiments, ces préoccupations vont occuper une place de plus en plus importante dans les recherches et les pratiques liées à l'architecture et à l'ingénierie du bâtiment.

La première partie du chapitre sera accordée à l'histoire de la conceptualisation du développement durable, l'architecture durable et l'architecture bioclimatique ayant comme ultime ambition, le dégagement des paramètres tout autant quantifiables que qualifiables afin d'évaluer des projets, et les classer comme durables.

1.1 Le développement durable :

Dès lors sa perception, les questions qui, dans un premier temps, raisonnent dans nos têtes sont sans inconstance, celles qui visent à cerner le concept du « développement durable », afin de comprendre cette notion, son émergence, ses pratiques et de situer les enjeux environnementaux liés au monde de la Construction, et ceci débute dès la phase de conception qui apparaît comme l'essentielle et la plus légitime pour intégrer cette touche de durabilité au bâtiment afin de le tendre vers une certaine qualité environnementale.

La notion de développement durable est de plus en plus pertinente dans notre quotidien. De nombreuses actions et mesures ainsi que des lois se mettent en place, dans tous les domaines, pour favoriser un développement appelé « soutenable » ou encore « durable » (Weissenstein, 2012).

Paradigme tel qu'adopté par l'assemblée générale des nations unies y est défini comme suit : « le développement durable est le développement qui permet de satisfaire les besoins actuels sans pour autant compromettre les possibilités des générations futures de satisfaire leur propres besoins » (Liébard, 2005).

Ce développement s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementales, sociales et économiques des activités de développement, se veut comme étant une perspective d'une notion de bien-être pour les futures générations (Poirier-Rouillard & al, 2017).

1.1.1 Conceptualisation de la notion du développement durable :

La problématique du développement durable s'est construite progressivement, au cours des trois dernières décennies, a été formulée dans les années 1970, et conceptualisée entre 1980 et 1991 à travers une série de documents et de conventions : Et ce « penser globalement, agir localement » prononcé par René Dubos au premier sommet de la Terre à Stockholm en 1972, raisonne comme la toute première confrontation officielle entre le développement durable et l'environnement.

A la fin du siècle dernier, les communautés scientifiques et politiques ont elles aussi commencé à prendre conscience de la finitude des ressources, des capacités d'absorption de la planète, et du fait que l'avenir des générations futures ne pourrait être assuré que par des méthodes de restauration du capital détruit, ou de ralentissement de sa dilapidation, le groupe intergouvernemental d'experts sur le climat annonçait d'ailleurs des changements climatiques majeurs pour le présent siècle et démontrait le lien de causalité entre les activités humaines et ce dit changement climatique (Eurydice, 2016). Plusieurs rencontres ont été organisées par la suite avec des résultats contrastés.

Le tableau ci-dessous retrace les principaux événements de l'émergence du développement durable :

Tableau 1.1: Les événements clés de l'émergence du développement durable (source : Sabri, 2017).

Date	Évènement clé de l'émergence du Développement Durable
1971	<ul style="list-style-type: none"> - le rapport Meadows: « The Limits to Growth » (Halte à la croissance), par le club de Rome - La croissance zéro y est prônée.
1972	<ul style="list-style-type: none"> - « un développement écologique (écodéveloppement) » produit par La Conférence de Stockholm des Nations Unies. - Création du : Programme de Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et du Programme de Nations Unies pour le Développement (PNUD).
1980	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation du concept de « développement durable », par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN).
1987	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboration du rapport Brundtland, « Notre avenir à tous ».
1992	<ul style="list-style-type: none"> - Conférence de Rio : Promotion du concept du DD - Agenda 21 en 27 recommandations
1997	<ul style="list-style-type: none"> - La signature du Protocole de Kyoto, principal texte d'application de la convention-cadre sur le changement climatique élaboré en 1992.
1999	<ul style="list-style-type: none"> - La démarche Global Compact qui a pour objet de faire respecter les principes du DD par le monde des affaires.

2002	- La Conférence de Johannesburg : prise en compte des mesures à prendre dans les domaines de l'eau, de la biodiversité, de l'énergie, du commerce et de la gouvernance.
2005	- protocole de Kyoto sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre
2006	- Conclusion d'un nouvel accord international sur les bois tropicaux, pour promouvoir une exploitation durable des forêts tropicales
2012	- Une conférence qui vise à déterminer comment réduire la pauvreté, promouvoir la justice sociale et assurer la protection de l'environnement sur une planète qui est de plus en plus peuplée.

Actuellement, le développement durable constitue un des termes les plus médiatisés. Il constitue un élément central dans les discours des acteurs engagés dans les questions de l'environnement et du développement. Il serait important de rappeler l'histoire du concept, et ce pour bien comprendre les enjeux historiques de sa naissance. Il s'agit de remonter non seulement le temps des événements mais aussi des idées afin d'identifier les sources qui ont contribué à cette naissance. Il faut préciser que nous nous intéressons plutôt au discours onusien du développement durable et non pas à l'idée de la durabilité qui a une histoire assez ancienne.

1.1.2 Dimensions :

Le développement durable est présenté sous la forme d'une interdépendance entre les trois dimensions économique, sociale et environnementale. La représentation de ces trois dimensions en trois sphères fait partie aujourd'hui du langage courant au niveau académique, ce développement durable a pour finalité la responsabilité envers les générations futures et envers les plus démunies de la population. Ce développement doit tenir compte aussi des « limitations » des ressources pour répondre aux besoins présents et futurs.

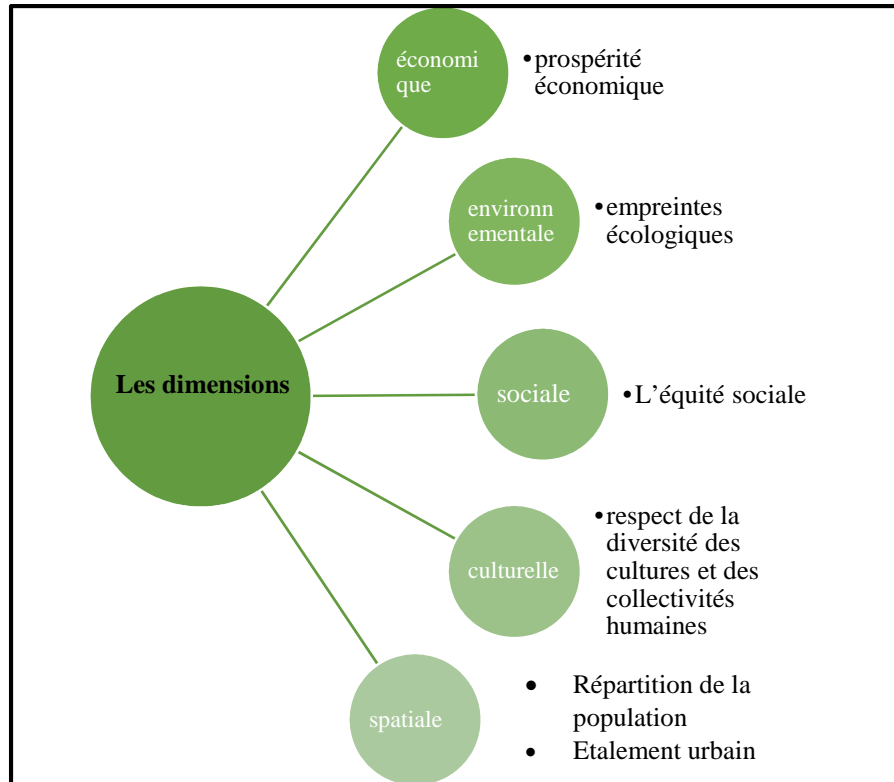


Figure 1.1 : Schéma récapitulatif des dimensions du développement durable (source :auteures ,2021).

Le schéma ci-dessus confirme des préoccupations et propose d'autres sans pourtant pouvoir promettre des solutions du comment que le développement durable puisse rassembler toutes ces dimensions : croissance économique, équité sociale, protection de l'environnement, responsabilité envers les générations futures, satisfaction des besoins, limitations des ressources, innovation technique, qualité de la vie, participation des populations... etc.

1.1.3 Les cibles et sous-cibles du développement durable :

À travers le schéma suivant nous essaierons de montrer les différents piliers du développement durable, développés en sous cibles.

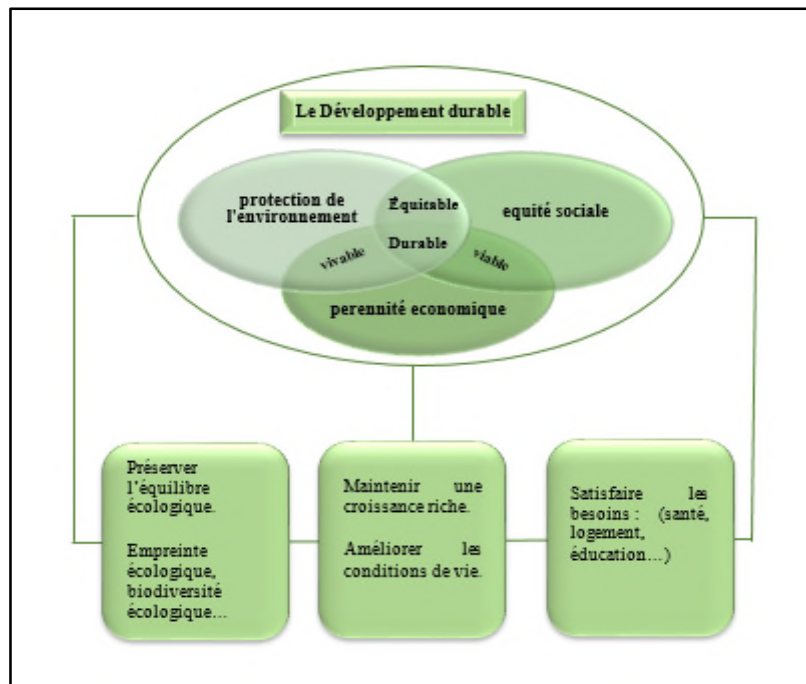


Figure 1.2: les cibles et les sous-cibles du développement durable.

Ces cibles sont souvent présentées comme la recherche d'un équilibre entre trois pôles : le social, l'environnemental et l'économique, par les interrelations de ces formes on représente un ensemble de buts reliés où on ne doit sciemment dévaluer ou favoriser l'un deux au détriment de l'autre justifiant les actions humaines.

1.1.4 Les principes du développement durable :

L'application concrète du développement durable implique aussi le respect de différents principes qui sont :

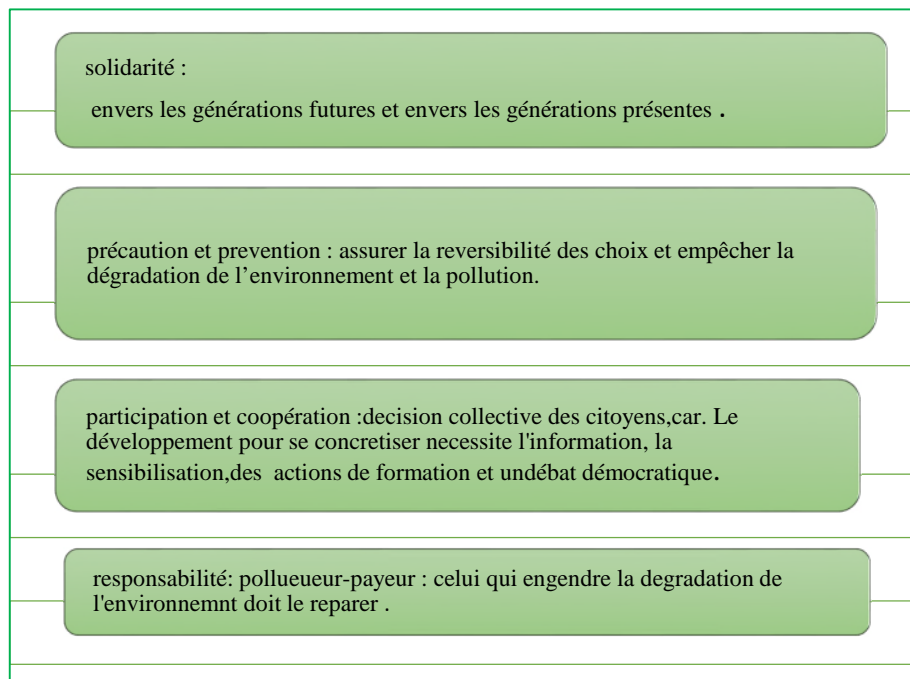


Figure 1.3 : les principes du développement durable (source: auteurs, 2021).

1.2 L'architecture durable : un enjeu majeur à l'heure de l'urgence :

Pour ne pas perdre à jamais le capital de la planète en matières renouvelables, il est du devoir des professionnels du secteur du bâtiment de consentir un effort en faveur de la durabilité, l'utilisation de la ressource en matières renouvelables pourrait générer une véritable économie qui fonctionnerait comme un écosystème : La matière serait transformée en matériaux par la transformation la plus simple possible (Berrehail & al, 2009).

Pour préserver notre environnement, le secteur du bâtiment doit jouer un rôle primordial, car il est responsable d'une large part des impacts environnementaux (dont les ressources naturelles exploitées, consommation énergétique, production de déchets, émissions de GES consommation d'eau...).

1.2.1 Le cycle de vie du bâtiment : du berceau à la tombe.

Conscients de l'importance du défi à relever, les concepteurs, les entrepreneurs et les industriels se mobilisent de plus en plus pour maîtriser et réduire autant que possible les impacts du bâtiment en cherchant à prendre en considération l'ensemble des différentes phases de son cycle de vie et de ses produits de construction : « Pour allonger la durée de vie d'un bâtiment, sa conception doit prévoir l'évolution des besoins des usagers actuels et futurs .sa flexibilité permet de recycler directement l'entièreté du bâtiment et de réduire au maximum les impacts environnementaux des opérations de réhabilitation » (Liébard, 2005).

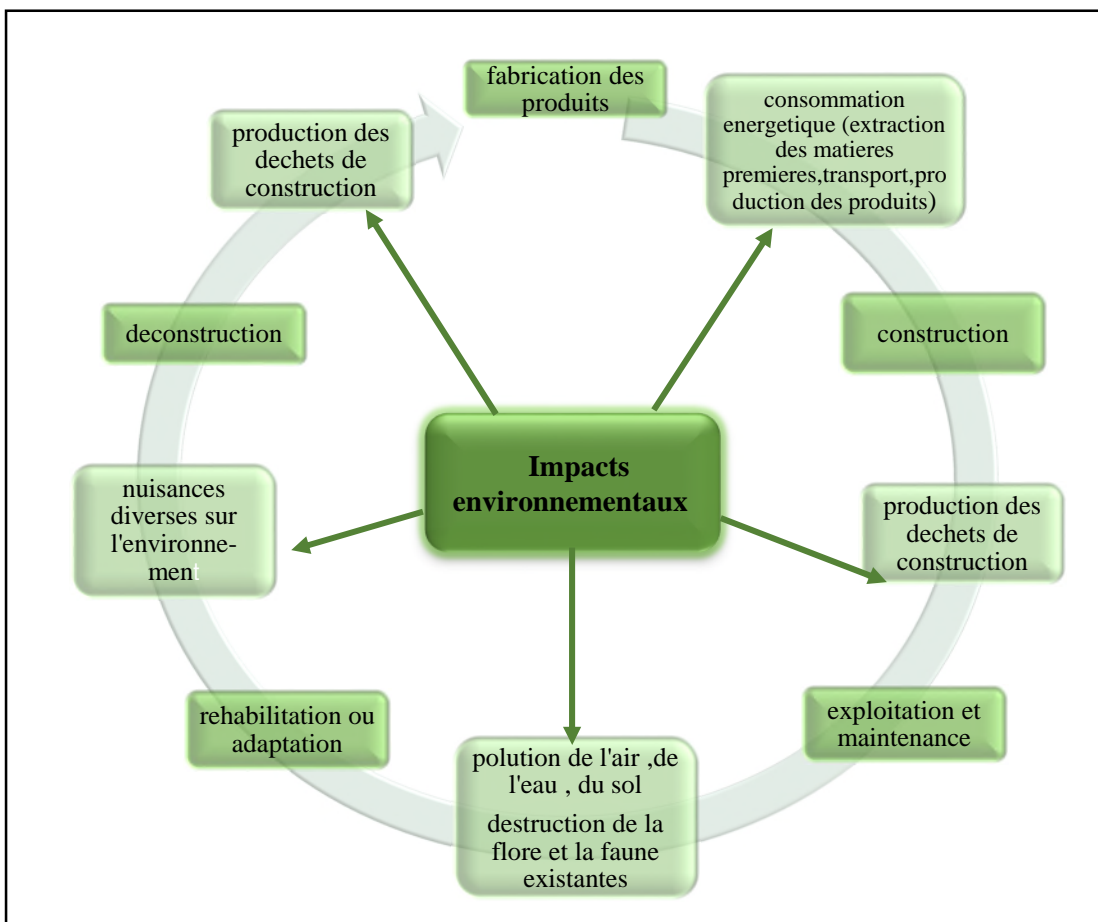


Figure 1.4 : cycle de vie du bâtiment (Liébard, 2005).

Le cycle de vie d'un bâtiment représente l'ensemble des étapes de vie d'un bâtiment : depuis extraction des matières premières, fabrication des matériaux, transport, la construction, l'exploitation des bâtiments, le cas échéant les chantiers de rénovation / réhabilitation et la déconstruction du bâtiment.

Durant tout son cycle de vie, le bâtiment génère des impacts environnementaux, tels que la pollution, les émissions de gaz à effet de serre, les consommations d'énergie, la production de déchets ou le calcul de ces impacts constitue ce qu'on appelle une analyse du cycle de vie (www.batirpourlaplanete.fr).

1.2.2 Concepts et bases d'une architecture durable :

L'architecture se teinte aujourd'hui de différents enjeux qui diffèrent aussi loin que possible de son objectif de base (concevoir et bâtir des lieux de vie pour l'homme), mais aussi un objectif qui s'accroît sur l'enjeu planétaire et environnemental par le biais d'une efficacité en termes d'impacts écologiques, pour cela, l'architecture se procure un nouveau visage basé sur la conception et la construction de bâtiments ayant une empreinte écologique toujours réduite. (Sahnoun, 2016).

La démarche empruntée dans ce cas n'est autre qu'une idée d'utiliser des matériaux et des techniques respectueux de l'environnement tout en minimisant l'impact négatif du bâtiment durant tout son cycle de vie et ce grâce à l'exploitation maîtrisable et adéquate de l'espace et une efficacité énergétique accrue, à cet effet, plusieurs principes garantissant un bâtiment durable sont résumés dans le tableau (2) ci-dessous :

Tableau 1.2 : concepts et pratiques de durabilité architecturale (source : :adapté par auteurs, 2021).

concept	Techniques
L'architecture bioclimatique	<ul style="list-style-type: none"> - forme du bâtiment agit sur la régulation de la température : une forme plus compacte permet de limiter les pertes calorifiques en augmentant le rapport entre la surface des espaces intérieurs et les façades exposées aux aléas climatiques - La végétation : Planter des arbres caducs pour favoriser la régulation de l'ensoleillement tout en améliorant la qualité de l'air par la photosynthèse naturelle.
L'architecture responsable et écoconstruction	<ul style="list-style-type: none"> - l'orientation du bâtiment : prise en compte des conditions préexistantes sur la surface d'implantation du bâtiment - accorder une attention à la qualité, les dimensions et les dispositions des fenêtres. - Le recyclage des bâtiments existants.
L'auto-construction et L'habitat partagé ou participatif	<ul style="list-style-type: none"> - réaliser des économies non négligeables et le partage de moyens entre les maîtres d'ouvrage (pilier économique)

Les énergies renouvelables	<ul style="list-style-type: none"> - l'utilisation de panneaux solaires photovoltaïques sur les surfaces exposées au soleil pour produire de l'électricité permet une bonne maîtrise d'énergie - installation des chauffe-eaux solaires pour produire de l'eau chaude à faible coût
Le bilan énergétique	<ul style="list-style-type: none"> - minimiser les pertes énergétiques, réduire les besoins et éventuellement produire de l'électricité dans le circuit interne du bâtiment permet de réduire d'autant les besoins en apport extérieurs, d'atteindre l'équilibre énergétique, et donc un bilan énergétique positif : bâtiment à énergie positive.
L'Eco-responsabilité	<ul style="list-style-type: none"> - La gestion de l'eau, de l'air et des déchets par la Récupération de l'énergie perdue lors de l'évacuation des déchets et des eaux usées afin de la réinjecter dans le bâtiment pour chauffer l'eau ou l'air propre : (à travers des pompes à chaleur) - L'utilisation de matériaux propres : matériaux naturels qui utilisent peu d'énergie grise qui ont des impacts positifs ou du moins ne nuisent pas à l'environnement. - Eviter ou réduire à vide l'utilisation les matériaux à produits toxiques ou composés organiques

1.3 L'architecture bioclimatique :

La conception "Bioclimatique", "Verte", "Solaire passive", "Écologique" et "durable" sont désormais des termes familiers. Leurs significations se chevauchent et certaines existent depuis plus longtemps que d'autres. "L'architecture bioclimatique" implique une conception qui adopte les principes de la durabilité mais qui va plus loin que la simple minimisation de l'impact environnemental et l'impact des bâtiments ; elle cherche à créer une architecture qui est fondamentalement plus sensible à la localisation du climat et les besoins humains et qui exprime des paramètres de conception vitaux et bien fondés. Loin de limiter la liberté architecturale, elle offre un large éventail de nouvelles possibilités d'améliorer la conception et la fonction de nos futurs bâtiments et notre plaisir de les exploiter et les vivre.

Comme toute architecture sensible aux problématiques environnementales, elle vise à assembler l'efficacité énergétique et le confort des habitants et usage naturel et à tirer le meilleur parti des conditions du site (climat et microclimat, géographie et morphologie) et de son environnement, en utilisant un ensemble de stratégies, solutions et techniques architecturales qui utilise le moins possible les énergies non renouvelables et minimiser l'impact sur l'environnement naturel ainsi que les coûts d'investissement et d'exploitation du projet (Liebard, 2006).

1.3.1 Évolution :

Ce type d'architecture a évolué en intégrant des préoccupations globales comme les problématiques écologiques des années 1960 qui cherchent un mode de vie plus autonome et proche de la nature, le choc pétrolier de 1973 et la crise énergétique en Europe et en Amérique du Nord, qui aboutit à une « préoccupation pour réduire, sinon supprimer la dépendance aux formes d'énergie non renouvelable dans l'architecture » (Gamboa, 2016).

1.3.2 Principes de l'architecture bioclimatique :

Les bâtiments bioclimatiques se caractérisent par l'utilisation des éléments de construction, y compris les murs, les fenêtres, les toits et les sols pour collecter, stocker et distribuer l'énergie solaire thermique et prévenir la surchauffe. Les flux de chaleur se produisent principalement par les mécanismes naturels de convection, de conduction et de rayonnement plutôt que par l'utilisation des systèmes de ventilation.

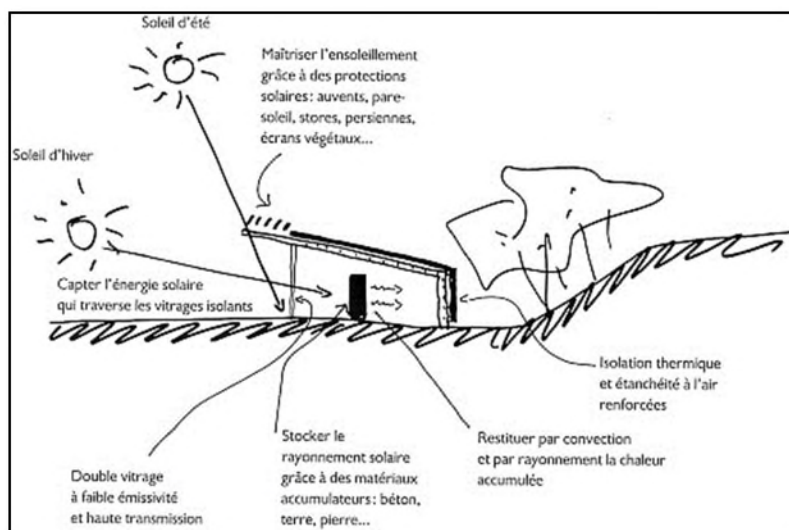


Figure 1.5 : les principes de l'architecture bioclimatique (source: Dominique Gauzin-Muller, 2001).

La figure ci-dessus s'inscrit dans le cadre défini d'un objectif qui est de gérer les flux d'énergie et de fournir ainsi des conditions confortables dans les parties occupées de là à tout moment de l'année et de la journée. Cette définition comprend également le refroidissement et l'ombrage naturel. Le bâtiment est refroidi en rejetant la chaleur indésirable vers les puits de chaleur ambiants (air, ciel, terre et eau) aux moyens de modes naturels de transfert de chaleur. Mais cette charge de refroidissement est d'abord minimisée par la conception architecturale en réduisant les gains solaires ou à travers ses fenêtres, et en réduisant des gains internes. Enfin, l'utilisation de l'énergie rayonnante pour l'éclairage naturel tout en maintenant des normes de confort visuel est également comprise dans l'approche bioclimatique.

1.3.3 Les stratégies de l'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique fait appel à de nombreuses stratégies, techniques et systèmes de constructions simples qui permettent de chauffer, rafraîchir, ventiler, etc. l'ambiance intérieure d'une construction. Ces techniques utilisent généralement des savoir-faire et des matériaux standards, et des systèmes sans grande technologie, bien que de plus en plus, le développement de certains systèmes utilise l'électronique pour être contrôlés et gérés automatiquement.

1.3.3.1 Stratégie du chaud :

La conception solaire passive représente l'une des plus importantes stratégies de remplacement des combustibles fossiles classiques et la réduction de la pollution de l'environnement dans le secteur du bâtiment. En fonction du climat local et du besoin prédominant pour le chauffage ou le refroidissement, un large éventail de techniques passives est maintenant à la disposition du concepteur de bâtiments pour les nouveaux projets de rénovation de bâtiments qui, sans frais supplémentaires ou à peu de frais par rapport à la construction conventionnelle, peut avoir pour conséquence des bâtiments qui sont à la fois plus efficaces sur le plan énergétique et qui offrent des normes plus élevées de confort visuel et thermique et de santé aux occupants (Guedes & Cantuaria , 2019), l'énergie solaire peut apporter une contribution majeure aux exigences de chauffage d'un bâtiment.

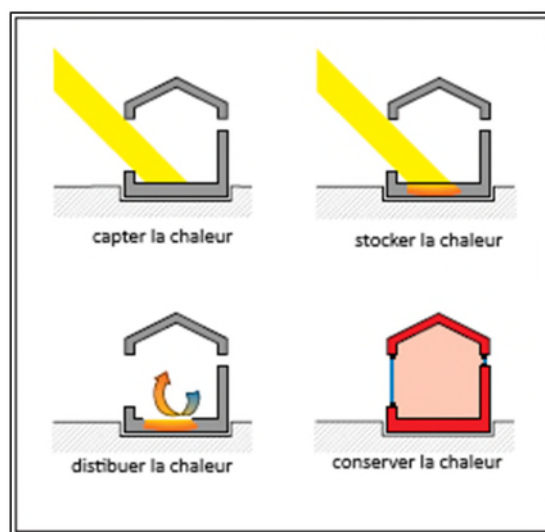


Figure 1.6: schéma illustrant les étapes de la stratégie du chaud (Source : CORREIA GUEDES, CANTUARIA ,2019).

La figure ci-dessus nous indique le paramètre à suivre pour un meilleur confort d'été comme suit :

- La collecte solaire : où l'énergie solaire est collectée et converti en chaleur.
- Le stockage de la chaleur : où la chaleur collectée pendant la journée est stockée dans le bâtiment pour un usage futur.

- La distribution de la chaleur : où la chaleur collectée/stockée est redirigée vers des pièces ou des zones qui ont besoin de chaleur.
- La conservation de la chaleur : où la chaleur est retenue dans la construction le plus longtemps possible.

1.3.3.2 Stratégie du froid :

La définition englobe les situations où la jonction des espaces et des bâtiments où les éléments des puits de chaleur ambiants (air, ciel, terre et eau) au moyen de modes naturels de transfert de chaleur conduit à un effet de refroidissement appréciable à l'intérieur. Toutefois, avant de prendre des mesures pour dissiper la chaleur non désirée, il est prudent d'examiner comment l'accumulation de chaleur non désirée peut être Minimisée en premier lieu. Dans ce contexte, le refroidissement naturel peut être considéré dans un sens un peu plus large.

La définition stricte ci-dessus suggère, pour inclure la prévention des mesures de contrôle des charges de refroidissement ainsi que la possibilité de transfert de chaleur assisté mécaniquement (hybride) pour améliorer les processus naturels de refroidissement passif.

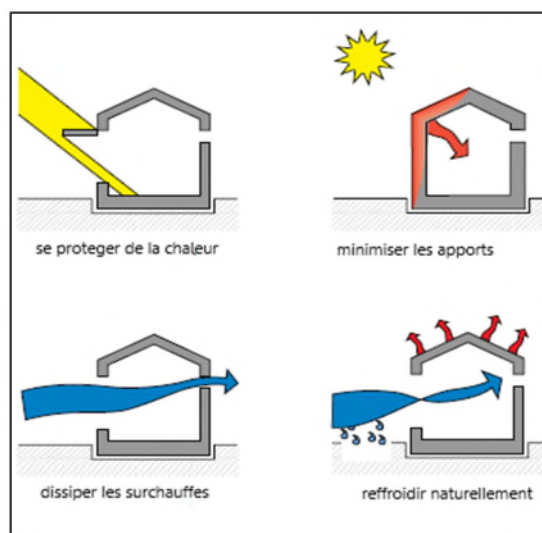


Figure 1.7 : schéma illustrant les étapes de la stratégie du froid (Source : CORREIA GUEDES, CANTUARIA ,2019).

La figue ci-dessus nous nous présente une stratégie de conception utile pour la saison de surchauffe qui consiste à :

- Contrôler : la quantité de chaleur provenant du rayonnement solaire et l'air chauffé atteignant le bâtiment.
- Minimiser : l'effet de la chaleur solaire indésirable dans la peau du bâtiment ou réduire les gains de chaleur internes et occasionnels des appareils et les occupants.
- Absorber : les résidus chaleur indésirable en utilisant des puits de chaleur : des dispositifs d'ombrage fixes ou réglables, ou ombrage fourni par la végétation et un

vitrage spécial peut être utilisé pour réduire la quantité de rayonnement solaire qui atteint le bâtiment.

Il existe Plusieurs méthodes de refroidissement naturel, dont l'augmentation de la vitesse de l'air pour maximiser les niveaux perçus de refroidissement de sol et le refroidissement par évaporation pour réduire la température de l'air de ventilation et le refroidissement nocturne du bâtiment par la perte de chaleur radiative vers le ciel et une ventilation accrue, peuvent aider à maintenir des conditions intérieures confortables (Guedes & Cantuaria , 2019).

1.3.3.3 Stratégie de l'éclairage :

L'utilisation optimale de la lumière naturelle, notamment dans les bâtiments, se fait principalement le jour en remplaçant la lumière artificielle, elle inscrit le bâtiment dans une contribution importante à l'efficacité énergétique pour le confort visuel et le bien-être des occupants, cette stratégie devrait tenir compte du potentiel de gain de chaleur et conservation de l'économie d'énergie en remplaçant la lumière artificielle et avoir des avantages plus subjectifs de la lumière naturelle et les vues extérieures dont bénéficient les occupants.

Un bon système d'éclairage naturel comporte toute une série d'éléments, la plupart dont l'intégration dans le bâtiment doit se faire au plus tôt au stade de sa conception. Cela peut être réalisé en prenant en considération le schéma suivant qui représente les éléments qui concourent à l'incidence de la lumière du jour sur le bâtiment :

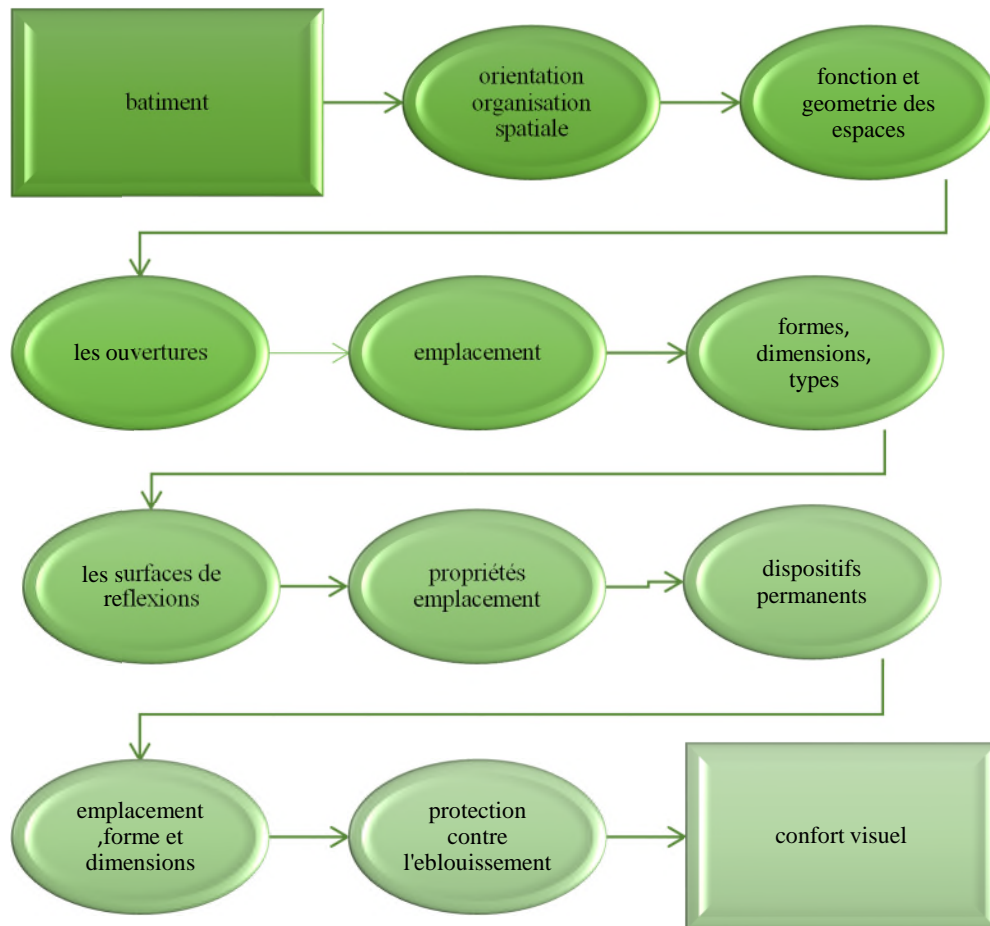


Figure 1.8 : représentatif des éléments agissant sur le confort visuel (source: auteures 2021).

Une bonne conception de l'éclairage naturel ne réduira pas seulement les coûts énergétiques liés à l'éclairage artificiel, mais réduira également le besoin pour les dispositifs mécaniques de refroidissement des pièces surchauffées par un faible rendement des appareils d'éclairage électrique, à cet effet on considère le modèle de stratégies d'éclairage suivantes comme une alternative pour profiter d'un meilleur apport de lumière naturelle par conséquent un confort visuel garanti vis-à-vis de l'utilisateur :

- Capter et pénétrer : à travers l'étude de la surface vitrée et le type de vitrage ainsi que la nature des surfaces de l'environnement extérieur (les réflexions extérieures) ;
- Répartir : par la prise en considération des caractéristiques du vitrage, les propriétés surfaciques internes (couleur et texture) et l'exploitation des dispositifs (réflecteurs, des obstacles, etc.).
- Protéger et contrôler : grâce à l'exploitation des protections solaires fixes et des éléments architecturaux (auvents, débords, réflecteurs, moucharabieh) ou mobiles (stores, volets, etc.).
- Focaliser : à travers les différents types des ouvertures par un éclairage zénithal ou latéral dans le but de mettre en valeur un élément.

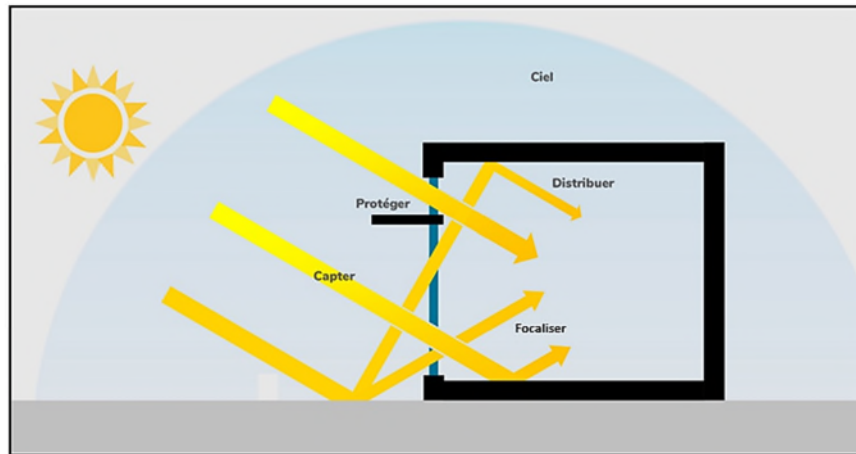


Figure 1.9 : schéma illustrant les différentes étapes de la stratégie de la lumière naturelle (source : www.guidebatimentdurable.brussels.fr)

Conclusion :

Nous avons vu dans ce chapitre un Retour sur histoire de la conceptualisation du développement durable qui se présente comme une solution optimiste pour préserver l'environnement. Le domaine du bâtiment considéré comme un acteur clef pour le « développement durable », s'ouvre vers des considérations de plus en plus globales. Afin de réconcilier bâtiment et environnement en proposant des méthodes d'assistances. La phase de conception architecturale est alors mise en avant et un nouveau mode de conception se définit : l'écoconception ou architecture bioclimatique, cette dernière considérée comme une stratégie passive se veut adapter au maximum à son environnement

Nous avons pu à travers ce chapitre faire la distinction entre l'architecture durable et l'architecture bioclimatique, En effet l'architecture durable se définit par rapport à des préoccupations environnementales globales, par exemple la contribution de la construction dans la diminution des gaz à effet de serre, pollutions des eaux, pollution lumineuse. Quant à l'architecture bioclimatique, elle agit d'abord pour résoudre les problèmes locaux : une bonne adaptation au site Elle se rapproche néanmoins de l'architecture durable en ce que les solutions adoptées vont contribuer à des objectifs environnementaux globaux.

CHAPITRE 2

Les méthodes d'évaluation des bâtiments durables

« Il ne sert de rien à l'homme de gagner la lune s'il vient à perdre la terre »

François Mauriac

Introduction :

Le bâtiment est incontestablement un des secteurs les plus énergivores et représente une source importante des émissions des gaz à effets de serre et de déchets, durant ces dernières années, ce secteur a subi une transformation profonde et devient un espace propice à l'inventivité, et un lieu de production et de partage d'énergie, tout ceci dans un contexte d'une transformation écologique, sociétale et numérique (Messeur,2018).

Afin de mieux orchestrer et évaluer les bâtiments en termes de durabilité, des outils et des aides sont nécessaires afin de mieux assurer ce processus (Mehrabanigolzar,2013), Ces dernières années, de multiples outils de ce type ont vu le jour au niveau international, ils ont été développés pour répondre aux besoins spécifiques de chaque pays selon son climat, sa culture et ses conditions juridiques de départ, une fois le bâtiment évalué , la certification peut être réalisée .

Ce chapitre présente les principales méthodes d'évaluation et les outils destinés à l'analyse énergétique et environnementale du bâtiment.

2.1 Evaluation de la durabilité

L'évaluation est un des cinq critères du développement durable, chaque plan d'action doit être évalués au premier effort fait afin de mesurer sa participation à chacun des objectifs fixé pour l'opération d'une part, pour le projet d'autre part et enfin pour les objectifs de la collectivité locale, régionale et mondiale. Le processus d'évaluation comporte des objectifs, des priorités, des indicateurs (avec leur méthode de mesure, leur périodicité, leurs valeurs objectifs, les responsables de leur mesure, etc.)(DAKHIA.2019) :

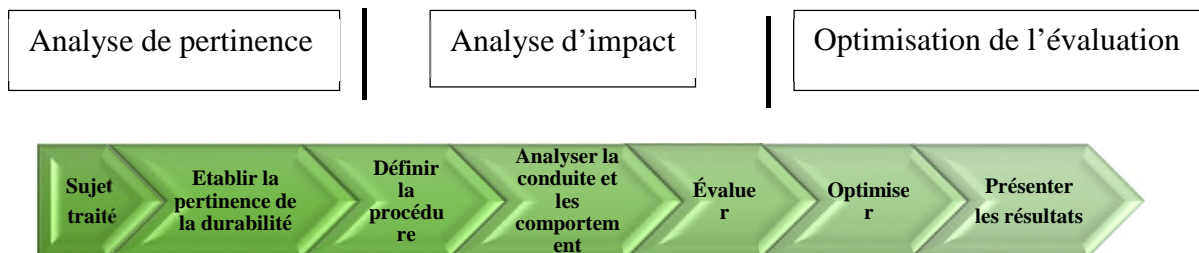


Figure 2.1 : le processus d'évaluation de la durabilité. (Source : DAKHIA, 2019).

La figure ci-dessus représente le processus d'évaluation de la durabilité ce dernier repère selon, le rapport de l'Office Fédéral du Développement Territorial Suisse, trois phases principales, elles-mêmes sont scindées en sept étapes.

2.1.1 Évaluation de la durabilité en architecture :

Compte tenu de la crise écologique qu'a connu le monde durant ces dernières années, des outils ont été développés afin d'évaluer les bâtiments sur divers aspects (PEUPORTIER ,2003).

Différents indicateurs , ou des valeurs de références basées sur un critère unique, ont été élaborés afin de mesurer les aspects caractéristiques de la performance environnementale des bâtiments, toutefois, ces critères ou indicateurs visent à affirmer le besoin d'un outil d'évaluation rigoureux pour effectuer une évaluation complète de la performance des bâtiments par rapport à plusieurs critères environnementaux (EDWARDS ,2010) .

Il existe une prédominance des critères écologiques sur les autres aspects du développement durable. Ainsi, les premières méthodes d'évaluation de l'architecture sont en réalité des outils pour l'évaluation environnementale, les autres aspects du développement durable (économique, social) sont plus ou moins traités. Ils traitent plus essentiellement la consommation énergétique ou les émissions de gaz à effet de serre, finalement, une méthode d'évaluation des bâtiments durable est un outil de mesure de gestion des critères du développement durable (BELMEZITI ,2007).

2.1.2 Les méthodes d'évaluation et de suivi :

Les méthodes d'évaluation d'un bâtiment les plus utilisées évaluent les performances d'un bâtiment selon des critères énergétiques. D'autres méthodes multicritères se basent les impacts environnementaux .

Les méthodes d'évaluation des bâtiments durables se servent de ces outils afin d'évaluer la durabilité des bâtiments Parmi les outils développés à ce propos il existe un nombre de Méthodes d'évaluation évoquées ci-après :

2.1.2.1 Le « benchmarking » :

Benchmarking veut dire analyse comparative. C'est donc une démarche d'évaluation basée sur des comparaisons d'informations. Ces informations peuvent être « internes », pour un ensemble de bâtiments, ou « externes ».Elle a pour but d'optimiser la gestion]. La méthode s'appuie sur l'analyse d'écarts, ce qui permet :

- de situer les performances du bâtiment,
- d'analyser ces performances à des fins d'optimisation,
- de décider des actions à mener à court, moyen et long terme. , afin d'améliorer l'usage du bâtiment avec un niveau de confort supérieur (DAKHIA, 2019).

2.1.2.2 Les audits :

Il existe deux types d'audits ; des audits énergétiques qui se focalisent sur le domaine de l'énergie en diagnostiquant la performance du bâtiment par sa consommation énergétique, les audits environnementaux estiment les performances d'un bâtiment en définissant des critères environnementaux et en attribuant des points sur chaque Critère en fonction du respect d'un certain nombre de conditions (JANZENS, 2003).

2.1.2.3 Post Occupancy Evaluation :

Ou méthode POE, cette dernière est basée sur la synthèse de l'expérience et de la satisfaction des occupants et gestionnaires techniques d'un bâtiment. Elle fait aussi appel à des mesures physiques dans certains cas. Elle est menée par une personne dans la première année de vie de l'activité hébergée par le bâtiment et s'appuie sur une enquête qui se veut complète sur la qualité du bâtiment, à travers des éléments techniques, des éléments de confort,

d'adaptation du bâtiment à l'activité qui s'y déroule, ce qui suppose une série d'indicateurs économiques et sociétaux (JAUNZENS, 2003).

2.1.2.4 Empreinte écologique :

L'empreinte écologique est fondée sur une méthode d'évaluation de la pression que l'homme fait sur la nature, et s'exprime en terme d'équivalent surface terrestre. Cet outil mesure la surface productive nécessaire à une population pour répondre à sa consommation de ressources et à ses besoins d'absorption de déchets (MANDALLENA, 2006).

2.1.2.5 Liste de contrôle :

C'est une méthode qui se base sur un questionnaire à choix multiple ou sur un système de notation associé à des méthodes de pondération permettant d'associer à différents critères du bâtiment des notes reflétant la qualité environnementale. Ces méthodes sont très utilisées pour la certification des bâtiments, du fait de leur facilité de mise en œuvre. En Revanche elles exigent une connaissance pointue du bâtiment et font appel à des pondérations subjectives limitant leur portée (DAKHIA, 2019).

2.1.2.6 Méthode d'Analyse de Cycle de Vie

L'analyse de cycle de vie est un raisonnement d'évaluation des impacts environnementaux d'un objet ou d'un système évalué dit « du berceau à la tombe ». ». Son utilisation a pour but de quantifier les flux de matière dans les écosystèmes. Par extension, toute activité peut faire l'objet d'une analyse de cycle de vie. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour les calculs de ces flux, notamment pour connaître les répercussions complètes de l'utilisation d'un produit, d'une activité ou d'une technologie sur l'environnement (MANDALLENA, 2006).

2.2 Les méthodes d'évaluation des bâtiments durables :

Un nombre important de Méthodes d'évaluation de bâtiments durables ont été développées, surtout durant ces dernières années, devant cette abondance, des critères de sélection se sont avérés essentiels pour que les méthodes fixées dans le cadre de ce projet de recherche participent à atteindre les objectifs. Le nombre de Méthodes d'évaluation de bâtiments durables a été fixé à trois HQE, LEED, BREEAM, compromises qui reflètent l'importance du travail qu'exige l'étude de ces systèmes complexes, mais qui permettrait un niveau adéquat de complémentarité.

Ces méthodes retenues ont suivi un développement original, et ne sont pas le résultat de l'adaptation d'une méthode existante de plus elles sont soutenues et développées par des organismes d'envergure qui soient actifs dans le domaine du développement durable ces critères constituent nos critères de choix pour les méthodes que nous développerons ci-après.

2.2.1 Diffusion des principales certifications environnementales :

Il est généralement admis que l'ère actuelle des méthodes d'évaluation a débuté en 1990 avec l'introduction de la méthode BREEAM au royaume uni qui a ensuite été suivi par le

système français HQE puis par le LEED américain en 2000 (Wan ZAHARI Wan, 2014, en tenons compte de leurs besoins dans une perspective environnementale (SALAR ,2017).

Pour une meilleure compréhension, l'évolution des méthodes d'évaluation des bâtiments durable a été illustrée dans la chronologie de l'évolution ci-dessous :

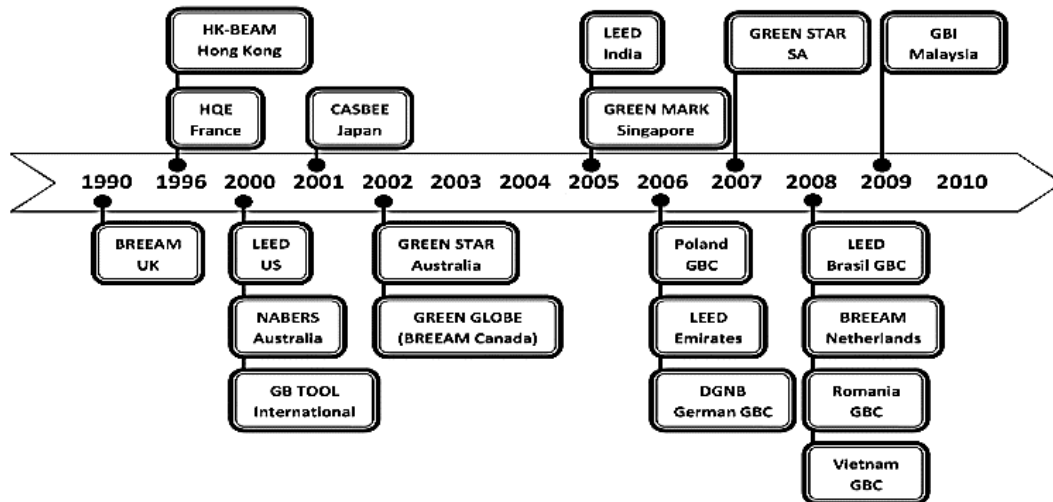


Figure 2.2 : Chronologie de l'évolution des méthodes d'évaluation des bâtiments durables (Source : SALAR ,2017).

Et depuis l'introduction de ces premiers outils de nombreux autres systèmes de notation ont été développés dans de nombreux pays sur la base de BREEAM.

2.2.2 La démarche britannique « BREEAM » :

BREEAM a été développé par BRE Global. Cette méthode fait partie de La SB Alliance, qui est une initiative internationale regroupant des centres de recherches de différentes nations des organismes d'évaluation, et des parties prenantes intrigués par l'évaluation de la qualité environnementale du cadre bâti. Le BRE fait également partie de l'ISA qui rassemble plusieurs acteurs majeurs du secteur du bâtiment européen. Ce groupement a pour objectif la définition d'une certification environnementale européenne commune (ARSEG ,2010).



Projet : the green Bradford university
Pays : royaume uni **Certification** : Exceptionnel
Score : 94.4%
Version : BREAM 2008 multi résidentiel

Figure 2.3 : exemple de bâtiment certifié BREAM (Source : King ,2014).

BREAM présente une démarche multicritère des aspects environnementaux associés à la construction et à la rénovation des bâtiments ; elle a pour ambition d'une part, de résoudre les aspects écologiques du bâtiment, et les aspects sociaux et culturels d'une autre part. Cette méthode d'évaluation couvre toute la durée de vie du bâtiment (KUCHA ,2016).

2.2.2.1 Historique :

La méthode BREEAM a été développée dans les années 1990. Depuis, elle n'a cessé d'évoluer pour prendre en compte les évolutions de la réglementation et propose plusieurs versions en fonction du type de bâtiment et des régions pour mieux répondre aux nouvelles exigences de durabilité.

Le tableau ci-dessus présente les dates clé de l'histoire du développement de la méthode BREEAM.

Tableau 2.1 : évolution historique de BREAM (Source : PricewaterhouseCoopers.2011).

L'année	L'évènement
1990	-Publication de BREAM.
1991	-Publication de BREAM industriel.
1993	-Publication de la version pour les centres commerciaux.
1998	-Publication de BREAM 98. refonte majeur de la version initiale de BREAM offices.
2002-2006	-Révision annuelle. -Développement du procédé bespoke BREAM. -Publication des versions BREAM Retail, Schools, courts & prisons.

2008	-Révision /mise à jour majeur de toutes les versions UK -Lancement des référentiels internationaux (Europe et golf) -Preparation du lancement de bream communities & bream in use
2009-2010	-Publication BREAM in use
2011	-Lancement de BREAM new construction scheme
2012	-mise à jour annuelle de BREAM. -Lancement de BREAM DE par l'institut allemand pour l'immobilier durable
2013	-Lancement de BREAM SE par le suède GBC.
2016	-Lancement de BREAM NOR par la Norvège GBC. -Révision annuelle.

2.2.2.2 Champs d'application :

Il existe une multitude de systèmes de certification BREEAM, afin de mieux évaluer la performance environnementale d'un projet en fonction de sa localisation, de sa fonction.

a- Au royaume uni :

Pour les bâtiments résidentiels :

- BREEAM Eco Homes (rénovation en Angleterre, nouvelles constructions au Pays de Galles et en Ecosse)
- BREEAM Eco Homes XB (un outil pour les associations de logement, etc.)
- The Code for Sustainable Homes (nouvelles maisons individuelles et appartements en Angleterre)
- BREEAM Multi-Residential (résidences étudiantes, logements protégés, hôtels pour jeunes, etc.)
- BREEAM Domestic Refurbishment (rénovation de bâtiments existants). (REZAALLAH et al, 2012).

Pour les bâtiments non résidentiels :

- BREEAM Retail
- BREEAM Industrial (usines et entrepôts)
- BREEAM Educational (établissements scolaire)
- BREEAM Healthcare (établissements médicaux)
- BREEAM Courts
- BREEAM Prisons
- BREEAM Other Buildings (tout bâtiment qui n'entre pas dans les catégories standard, par exemple les laboratoires, les hôtels, les complexes de loisirs, etc.).

- BREEAM Offices (REZAALLAH et al. 2012)

b- Au niveau international :

BREEAM a développé des versions pour les bâtiments se trouvant en dehors du royaume unis et il inclut les versions suivantes

- BREEAM Gulf (tous les types de bâtiments dans la région du golfe Persique)
- BREEAM Europe (certains pays européens ; immeubles de bureaux et commerces)
- BREEAM Communities (urbanisme / développement)
- BREEAM International Bespoke (pour n’importe quel type de bâtiments)
- BREEAM In-Use (different existing buildings). (REZAALLAH et al. 2012)

2.2.2.3 Critère d’évaluation :

Ce programme volontaire de certification par tierce partie couvre différents types de projets et repartie les impacts des bâtiments sur l’environnement dans 10 catégories :



Figure 2.4: les catégories d'évaluation BREEAM (source : [www .Alto2 .ca](http://www.Alto2.ca))

Le tableau ci-dessous présente l’objectif à atteindre pour chaque catégorie de BREEAM

Tableau 2.2 : Les objectifs fixés pour chaque catégorie de BREAM. (Source : DARLAMI et al. 2016.) ; (Building Research Establishment Ltd,2021).

Catégories	Objectifs
1-management	L’adoption de pratiques de gestion durable liées aux activités opérationnelles pour garantir que des objectifs de durabilité robuste
2-Santé et bien être	Encourager le confort, la santé et la sécurité des occupants du bâtiment, des visiteurs.
3-Energie	Gestion de la consommation d’énergie et Encourage l’utilisation des systèmes et des équipements qui soutiennent l’utilisation durable de l’énergie

4-Transport	Favoriser un meilleur accès aux moyens de transport durables pour les utilisateurs du bâtiment, et la réduction des trajets en voiture.
5-Eau	Identification des moyens de réduire la consommation d'eau potable sur la durée de vie du bâtiment et de minimiser les pertes par fuite.
6-Matériaux	L'exploitation de matériaux qui ont un faible impact au cours de leur vie, y compris l'extraction, le traitement, la fabrication et le recyclage.
7-Déchets	Encourager la gestion durable (et la réutilisation si possible) de la construction, des déchets d'exploitation à travers les futurs entretiens et réparations associés à la structure du bâtiment.
8-Utilisation des terres et écologie	L'utilisation durable des terres, la protection et la création d'habitat et l'amélioration de la biodiversité à long terme pour le site du bâtiment et les terres environnantes
9-Pollution	La prévention et le contrôle de la pollution et. Réduire l'impact des bâtiments sur les communautés environnantes et l'environnement.
10-Innovation	Offre des opportunités de reconnaissance d'une performance et d'une innovation exemplaires qui ne sont pas incluses dans, ou vont au-delà de l'exigence des critères de crédit,

2.2.2.4 Pondération :

BREEAM attribue des points pour les différents crédits. Ce nombre de points est alors pondéré par catégories et donne un niveau de certification BREEAM, qui est en fonction du score global acquis (en pourcentage).

Tableau 2.3 : la répartition des crédits et des pondérations pour chaque catégorie de BREAM. (Source : BRE, 2008).

Catégorie	Crédit disponible	Pondération
Management	11	12%
Santé et bien être	14	15%
Énergie	24	19%
Transport	9	8%
Eau	9	6%
Matériaux	13	12.5%
Déchets	7	7.5%
Utilisation des terres et écologie	10	10%
Pollution	12	10%
Innovation	10	10%
TOTAL	119	110%

Les points sont ensuite pondérés en tenant compte de leur importance et en donnant lieu pour L'élaboration d'une grille de résultat qui permet la classification de niveau de performance et la certification.

Le tableau ci-dessous présente les différents niveaux de performance de BREEAM, chaque niveau avec son score attribué sa classification selon un système d'Etoile

Tableau 2.4 : les Niveaux de performances BREEAM. (Source : KHORASKANI, 2012).

Niveau BREAM	Score	Système d'étoile
Non classé	inférieurs à 30 %	★
Passable	Supérieurs à 30 %	★ ★
Bon	Supérieurs à 45 %	★ ★ ★
Très bon	Supérieurs à 55 %	★ ★ ★ ★
Excellent	Supérieurs à 70 %	★ ★ ★ ★ ★
Exceptionnel	Supérieurs à 85 %	★ ★ ★ ★ ★ ★

2.2.2.5 Processus de certification :

La participation d'un évaluateur est primordiale dans tous les différents systèmes BREEAM et un évaluateur doit fournir le rapport BREEAM pour la certification au BRE (BOLOGNESI, 2012).

Afin d'être certifié BREEAM, un bâtiment doit être évalué 3 fois :

- Lors de l'inscription,
- Lors de la conception
- à la fin du chantier.



Figure 2.5 : processus de certification BREAM (Source : www.alto2.ca.2020).

La certification BREEAM établi sur la base de deux rapports de certification élaborée par l'évaluateur BREAM :

- Un rapport en phase conception dénommé « **BREAM Design Stage** »
- Un rapport en phase réalisation dénommé « **BREAM Post-construction Stage** ».

Ces deux rapports sont composés de justifications écrites, par crédits, avec les références de preuves jointes au dossier (plans et devis, schémas, notes de calcul) (BEN AYYAD, 2017).

2.2.3 La démarche française HQE :

L'Association "HQE" est issue d'un programme d'écologie et Habitat, lancé par le Plan Construction et Architecture. Elle s'est agrandie grâce aux travaux de l'ATEQUE. La définition attribuée par l'association HQE est la suivante : « *La qualité environnementale d'un bâtiment correspond aux caractéristiques du bâtiment, de ses équipements et du reste du terrain de l'opération de construction qui lui donnent la capacité de satisfaire le besoin de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur et de production d'un environnement intérieur confortable et sain* » (fanny Clain, 2010).

La démarche HQE n'est pas uniquement une démarche environnementale. Dans son intégralité, elle doit permettre la réalisation d'un bâtiment qui dispose de toutes les qualités architecturales conventionnelles, auxquelles va se joindre des qualités écologiques et sanitaires.



Projet : le C.H.R. d'Orléans
Pays : France
Date de certification : 2015
Certification : tres performant .
Version : NF Bâtiments
Tertiaires

Figure 2.6 : exemple de bâtiment certifié HQE. (Source : Caducee.net.2015).

Bien Plus simple qu'une valeur ajoutée, la HQE est considéré pour certains comme un véritable exploit dans le domaine de la construction (fanny Clain, 2010). : « *Esthétique, confort, agrément de vie, écologie, durabilité : la Haute Qualité Environnementale prend en compte la globalité [...] et représente ainsi l'état le plus avancé de l'art de construire* » (MOCH ,2006)

2.2.3.1 Champs d'application de la démarche HQE :

Il existe plusieurs référentiels HQE selon de la vocation du bâtiment. Ces derniers sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2.5 : les différents référentiel HQE. (Source : Pwc2016.)

CERTIVIA	HQE exploitation bâtiment tertiaire	HQE rénovation Bâtiment tertiaire	HQE neuf bâtiment tertiaire	
	HQE exploitation Santé	HQE rénovation Santé	HQE neuf Santé	
	HQE exploitation Équipement sportif	HQE rénovation Équipement sportif	HQE neuf Équipement sportif	
	HQE exploitation Bâtiment industriel	HQE rénovation Bâtiment industriel	HQE neuf Bâtiment industriel	
	CEQUAMI/		HQE rénovation	HQE neuf
	CERQUAL	/	Logement individuel /collectif	Logement individuel /collectif

2.2.3.2 Historique :

La démarche HQE a été créée dans les années 1990 suite à divers travaux de recherche concernant la qualité environnementale des bâtiments. Depuis 1996, cette méthode est portée par l'association pour la haute qualité environnementale, dite « Association HQE », administrée par la loi du 1er juillet 1901 (Fanny Clain, 2010).

Le tableau ci-après résume les principaux événements environnementaux qui ont participé à la création et mise en place de la démarche HQE

Tableau 2.6 : Évolution historique de la démarche HQE (Brochard, et al. ,2007) (www.schindler.fr)

L'année	L'évènement
1990	Première démarche « qualité » dans le secteur de la construction (Qualibat, iso 9001.
1992	Les premiers travaux sur l'environnement dans le bâtiment sont lancés à la demande de Marie-Noëlle Lienemann, ministre délégué au logement et au cadre de vie.
1993	Création de l'atelier technique pour l'évaluation de la qualité environnemental (ATEQUE) par le plan construction architecture (PCA)
1994	Lancement de réalisation expérimentale HQE dans le domaine habitat social (REX HQE).
1996	Création de l'association HQE qui capitalise les expériences et mobilise l'essentiel des acteurs du bâtiment en France.
2001	En novembre publication des référentiels qui forment la démarche HQE dans le secteur du bâtiment par l'association HQE
2004	5 janvier 2004. L'Association HQE est reconnue d'utilité publique.

2005	Lancement de la certification NF bâtiments tertiaire.
2007	Lancement de la certification NF logement.

2.2.3.3 Fondement de la démarche HQE : 5 référentiels.

Cinq référentiels forment la démarche HQE, Pour pouvoir fonder une démarche HQE il faut se rapporter à chacune de ses références. La démarche HQE met en exergue grâce à ces référentiels les environnementaux à faire, et présente une méthode de gestion des projets pour que ces choix réfléchis soient concrétisés (JAUNET, 2007).

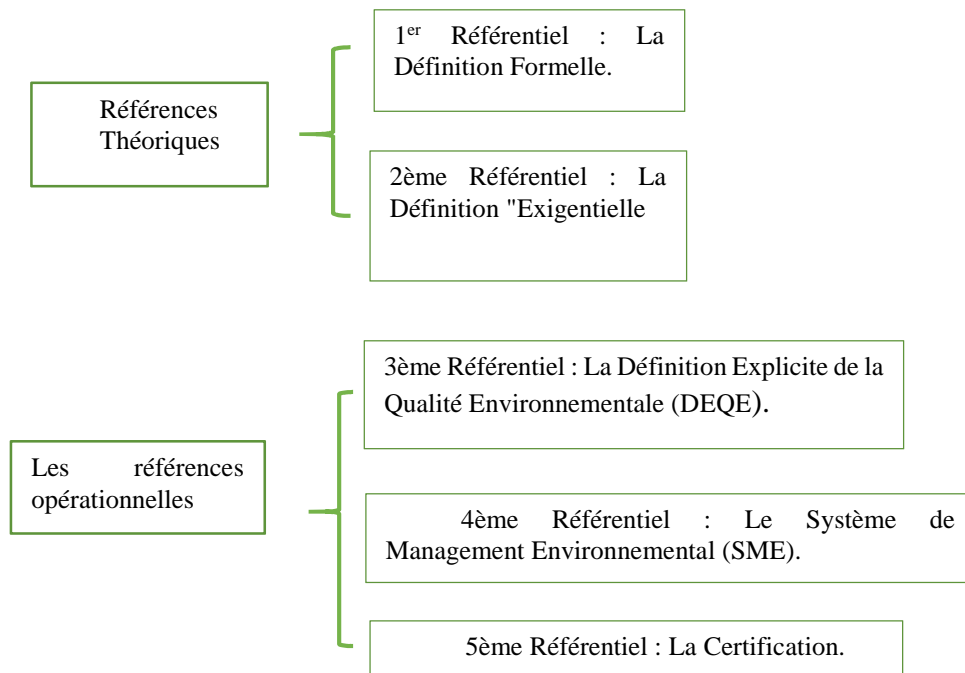


Figure 2.7 : les référentiels fondant la démarche HQE (Source : Jaunet, 2007).

2.2.3.3.1 La définition formelle :

Elle précise ce qu'est la HQE®. "*La qualité environnementale des bâtiments se réfère aux caractéristiques du bâtiment, de ses équipements (en produits et services) et du reste terrain de l'opération de réalisation du bâtiment en lui offrant la capacité à satisfaire les besoins de contrôle des impacts sur l'environnement extérieur et permettant d'assurer un environnement intérieur confortable et sain*" (ADEME, Moch, 2004)

2.2.3.3.2 La définition exigentielle :

La exigentielle de la qualité environnementale est le grand appoint de l'association HQE (GALIBOURG, 2003) elle fixe les objectifs environnementaux de la démarche et permet de définir l'environnement pour un bâtiment (Brochard et al., 2007), Elle représente une utile

certification et une mise hiérarchisation opérationnelle des exigences intitulées « **cibles** » (Galibourg,2003).

Les cibles retenues sont classifiées selon deux domaines et quatre familles, Ces 14 cibles se divisent en cibles élémentaires. La liste a été établie en 1997.

Tableau 2.7 : la Définition exigentielle de la démarche HQE (Source : BROCHARD, 2007).

Domaine 1		Domaine 2	
Maîtrise des impacts sur l'Environnement extérieur		Création d'un un environnement intérieur sain et confortable	
Eco-gestion ↓ 3 Cibles	Écoconstruction ↓ 4Cibles	Confort ↓ 4Cibles	Santé ↓ 3 Cibles

2.2.3.3.3 Définition Explicite de la Qualité Environnementale (DEQE) :

Elle est désignée pour l'établissement "d'exigentielle", les documents établis par les maîtres d'ouvrages pour identifier les objectifs fixés et les "exigences" (les cibles) principales et les indicateurs de suivi de l'opération. (Y. Moch ,2004).

2.2.3.3.4 Le SME (Système de Management Environnemental) :

C'est un outil de gestion environnementale, il définit les stratégies de gestion d'une entité (entreprise, service...) ayant pour objectif de prendre en compte l'impact environnemental de ses activités, à mesurer cet impact et à le minimiser (Yonkeu, 2011).

2.2.3.3.5 La certification :

La certification n'est pas obligatoire : c'est un outil que les parties prenantes peuvent exploiter. La démarche HQE peut être appliquée sur la base des référentiels de l'Association HQE sans recourir à la certification (Brochard, 2007).

2.2.3.4 Les cibles de la démarche HQE :

Les 14 cibles "HQE" sont l'élucidation et la hiérarchisation des objectifs environnementaux d'une construction publique.

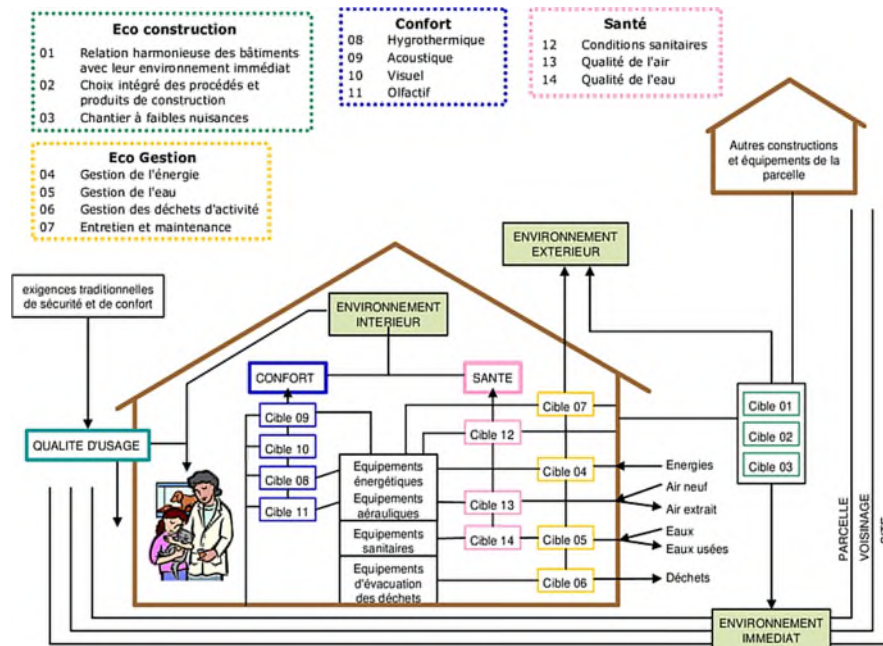


Figure 2.8 : les 14 cible de la démarche HQE (Source : CHEREQUI ,2005)

Ces 14 cibles sont structurées en deux domaines et quatre familles .Chaque cible se divisant en cibles élémentaires

2.2.3.5 Les différents Niveau de performance de HQE :

Contrairement aux autres référentiels, l'évaluation n'aboutit pas à une note mais plutôt à un profil à 3 niveaux : Très Performant (TP), Performant (P) et Base (B). L'obtention de la certification HQE est commandé par l'obtention d'un profil TP sur 3 cibles, P sur 4 cibles et B sur les 7 cibles restantes (ARSEG ,2011).

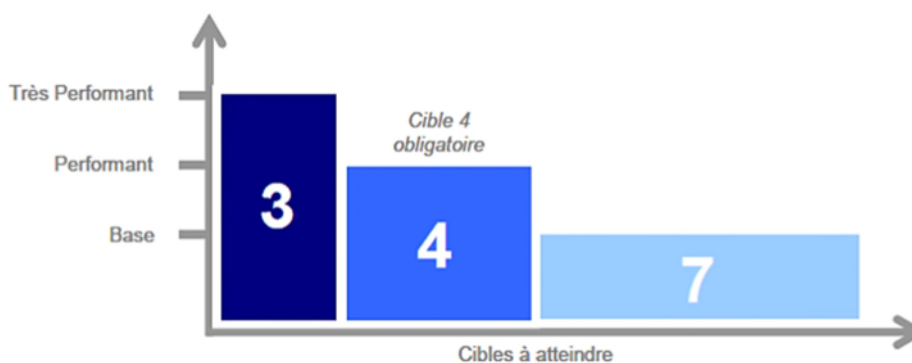


Figure 2.9 : les trois niveaux de performance de la HQE (Source : Sandrine Braymand et al., 2018).

Le choix des cibles se fait en fonction du terrain sur lequel est implantée la construction, de la fonction bâtiment et de toutes les caractéristiques propres au projet.

2.2.3.6 La mise en œuvre de la démarche :

La démarche HQE englobe l'ensemble des étapes de construction ou de rénovation d'un bâtiment. L'acquisition de la certification se fait selon trois phases d'audits qui interviennent en phase de programmation, de conception et à la mise en service.

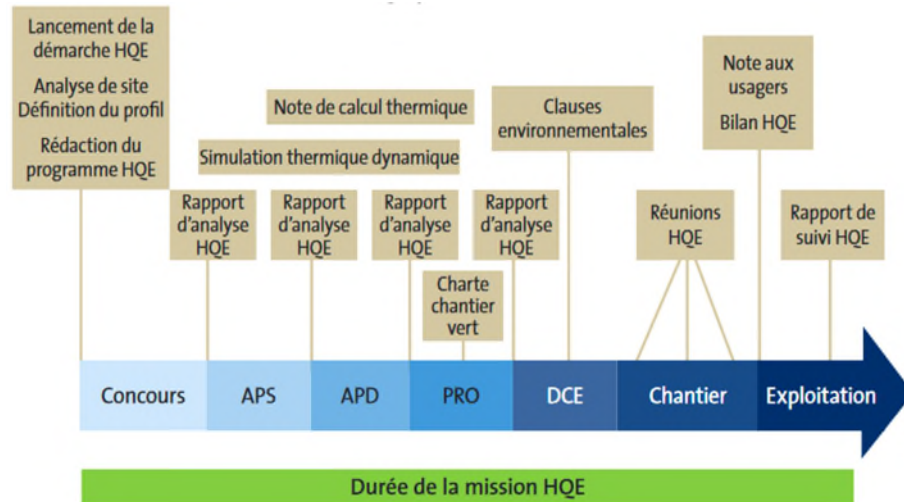


Figure 2.10 : Processus de certification de la démarche HQE (Source : ADEME ,2009).

La certification est délivrée par Certivéa après approbation d'un comité représentatif.

2.2.4 La démarche américaine LEED :

Le LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) est un outil de certification volontaire créé en tant que projet pilote en 1998. Lancé par l'U.S Green Building Council (USGBC) en collaboration avec département américain de l'Énergie (DoE) et de l'EPA, l'agence américaine de protection de l'environnement ([Www.rbc.com,2011](http://www.rbc.com)).

Le système LEED fondé sur l'analyse et la vérification d'une série de critères associés à la construction durable et constitue une série de normes correspondant au développement durable pour tous types de bâtiments (ACTIU Berbegal Formas S.A, 2021).

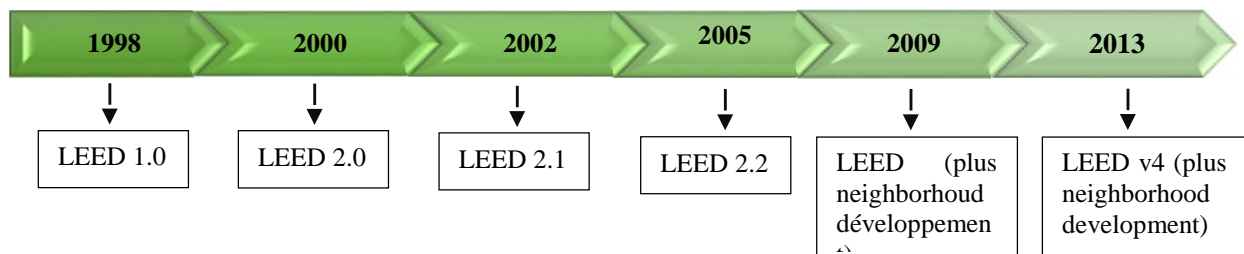


Figure 2.11 : frise chronologique de l'évaluation de LEED (Source : Zhang Ghaffarianhoseini).



Projet : L'Heure Bleue,
Pays : canada
Date de certification : 2017.
Certification : platine
Version : LEED V4

Figure 2.12 : exemple de bâtiment certifié LEED (Source : DUCHAINE, 2018).

2.2.4.1 Champs d'application :

Les normes LEED sont assez souples et peuvent évaluer tous types de bâtiments, avec un système de notation qui se décline en cinq catégories (Elena. 2019).

Tableau 2.8 : Le champ d'application pour chaque catégorie de LEED (Source : URASHIMA, 2014).

Catégorie	Champs d'application
BD+C	Nouvelle construction
	Core & shell
	Établissements éducatifs
	Établissements sanitaire
	Centre data
	Entrepôt et centre de distribution
ID+C	Intérieurs commerciaux
	Établissements sanitaire
O+M	Bâtiments existants ; opérations et entretien
	Établissements sanitaire
	Établissements éducatifs
	Centre data
	Entrepôt et centre de distribution
ND	Plan de développement du quartier
HOMES	Habitations

2.2.4.2 Critère d'évaluation :

La caractéristique de LEED est de permettre une évaluation de la durabilité d'une construction en mesurant son impact sur sept domaines primordiaux :



Tableau 2.9 : les catégories d'évaluation de LEED (source : www.sonaearauco.com).

Le tableau ci-dessous présente les objectifs fixé pour chaque catégorie de LEED :

Tableau 2.10 : les objectifs des catégories d'évaluation de LEED (Source : CBC BRASIL ,2015).

Catégorie	Objectifs
Terrains / espaces durables	Intégration du projet dans l'infrastructure existante, protection et préservation des espaces naturels ou espaces vierges, prévention de la pollution de l'environnement et réduction de la pollution.
Efficacité dans l'utilisation de l'eau	Gestion de ressources hydriques, des réutilisations et réduction de son utilisation
Énergie et atmosphère	Recherche d'efficacité énergétique, réduction des impacts environnementaux, utilisation de l'utilisation des énergies renouvelables
Qualité de l'environnement intérieur	Suivi de la consommation de l'utilisation des installations, qualité de l'air, contrôle de l'éclairage, contrôle thermique.
Localisation et transport	Réduction de la pollution et atténuation des impacts polluants de la voiture
Innovation	Construction durable
Matériaux et ressources	L'utilisation des matériaux écologique (recyclé et locaux) et la réduction des déchets.

Niveau de performance :

De chaque étape du projet résulte un certain nombre de points, qui sont ensuite retranchés en quatre niveaux de certification : certifié, argent, or et platine ces points sont distribués de manière différente pour Chaque type d'opération.

Tableau 2.11 : distribution des points pour la catégorie LEED V4 « nouvelle construction ». (Source : www.saint-gobain.com).

Catégorie	Points	Pondération
Matériaux et ressources	13	12%
Énergie et atmosphère	33	30%
Efficacité dans l'utilisation de l'eau	11	10%
Terrains / espaces durables	10	9%
Localisation et transport	16	14%
Processus intégratif	1	1%
Qualité de l'environnement intérieur	16	15%
Innovation	6	5%
Crédits régionaux de propriété	4	4%
Total	110	100%

Tableau 2.12 : les niveau de performance LEED pour different type d'operation (Source : www.saint-gobain.com).

LEED « nouvelle construction ».	Certifié :26-32 points
	Argent :33-38 points
	Or :39-51 points
	Platine :52-69 points
LEED « interieur commercial »	Certifié :21-26 points
	Argent :27-31 points
	Or :32-41 points
	Platine :42-57 points
LEED « batiement existant »	Certifié :23-39 points
	Argent :40-47 points
	Or :48-63 points
	Platine :64-85 points



Tableau 2.13 : Les niveaux de certification LEED (Source : www.buildup.eu).

2.2.4.3 Processus d'évaluation :

Pour certifier un bâtiment LEED ,de la même façon que BREEAM, des professionnels accrédités assistent à rassembler les preuves et envoient la documentation au GBCI (Green Building Certification Institutes) .

Trois phases obligatoires (Plan approuvé sous conditions, Plan pré-certifié ,Certification).

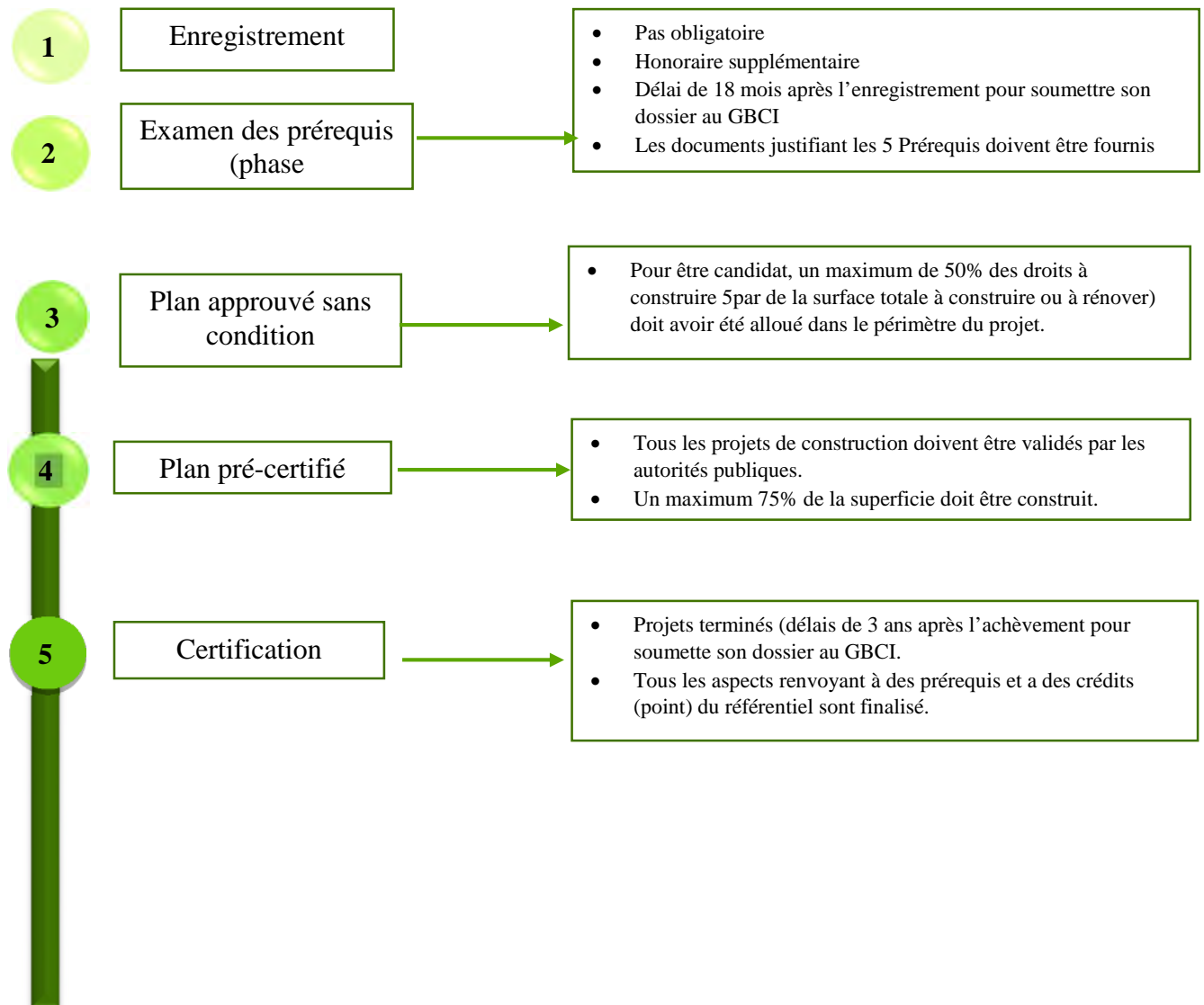


Figure. II. 2.13 : processus de certification LEED (Source : <http://www.hqegbc.fr/>).

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de définir l'évaluation de la durabilité en architecture et ces différents outils qui permettent d'évaluer la performance énergétique des bâtiments et leur impact sur l'environnement.

Ce chapitre a également présenté et disséqué trois méthodes d'évaluation des bâtiments durables en présentant un aperçu sur leur évolution historique et leur mécanisme d'évaluation : critères, cibles, pondérations et le processus de certification, nous concluons que la mission qui rassemble les trois certifications est la préservation l'environnement par des constructions durables. Ces systèmes de notation ne s'arrêtent pas uniquement à l'étude de la performance énergétique du bâtiment mais elles s'intéressent également à travers une description globale des qualités environnementales, l'empreinte environnementale du bâtiment est donc définie avec une grande variété de critères de la qualité de conception du bâtiment.

Dans l'ensemble ces différentes méthodes d'évaluation partagent un tronc en commun et évoquent des thématiques environnementales proches, mais soulignent néanmoins des dissemblances, ces dernières induisent à des spécificités propres à chacune que nous développerons dans troisième chapitre.

Partie pratique

CHAPITRE 3
**Élaboration d'une méthode
d'évaluation adaptable au contexte
algérien**

Introduction :

Les enjeux et les défis qui se présentent à notre nation, de même que la nature et l'étendue des problèmes environnementaux rencontrés, montrent clairement que la dégradation écologique du pays a atteint un niveau de gravité très préoccupant. Ces diverses atteintes à l'environnement et les dommages qui résultent notamment du secteur du bâtiment amènent l'Algérie à s'engager encore plus dans l'investissement lié au développement durable, et spécialement à la construction écologique qui est responsable en grande partie de cette dégradation.

Plusieurs institutions ont été mises en place durant ces trente dernières années mais leur domaine d'action était cependant largement fondé sur des préoccupations étroites et compartimentées, ce qui a limité considérablement l'efficacité.

Nous voulons par ce présent chapitre traduire les perspectives de durabilité en Algérie dans le domaine du bâtiment par l'élaboration d'une méthode d'évaluation des bâtiments durable visant à optimiser la gestion de l'énergie, de l'eau et des déchets et de lutter contre la pollution et le changement climatique.

Nous procédons dans un premier lieu à une comparaison des différentes méthodes abordées dans le chapitre précédent qui nous servira de base pour l'élaboration de notre propre méthode d'évaluation adaptée au contexte algérien.

3.1 Élaboration d'une méthode d'évaluation pour le contexte algérien.

3.1.1 Étude comparative des méthodes d'évaluation

Nous essaierons dans ce présent chapitre de donner des éléments de comparaison des systèmes d'évaluation avec une recherche d'objectivité en se basant sur leurs principales caractéristiques et particularités afin d'améliorer la connaissance et l'adaptation de ces systèmes en Algérie et en faciliter le choix pour une application locale.

3.1.1.1 Comparaison des critères

Afin de donner une idée complète des divers critères d'évaluation, c'est-à-dire les similarités et les dissemblances des systèmes de notation des bâtiments durables, une analyse comparative des différents critères, effectuée dans le chapitre précédent, sera établie dans le tableau 3.

Le tableau présente un aperçu du contenu des 3 méthodes d'évaluation HQE, LEED, et BREEAM, regroupé et réorganisé par rapport aux 10 catégories BREEAM, basées sur le contenu combiné des trois méthodes choisies en catégorisant tous les sujets d'évaluation.

3.1.1.1.1 Mangement :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère management.

Tableau 3.1 : comparaison de l'indicateur de mangement pour HQE, LEED et BREEAM.

Indicateur	BREEAM	LEED	HQE
-Pratique des constructions responsable /exploitation et maintenance des bâtiments et des chantiers	✓	✓	✓
Politique de gestion et de mise en service	✓	✓	✓
La prise en compte des désagréments causés pour l'exploitant par l'entretien	✓	X	X
Cout de cycle de vie et planification de la durée de vie	✓	✓	X

Les trois certifications ont pour objectif une construction écoresponsable en adoptant une politique de gestion et de mise en service, l'impact de cycle de vie est un critère en commun entre BREEAM et LEED, la prise en compte des désagréments causés par l'exploitation, par l'entretien, et le coût de l'impact de vie sont un des critères spécifiques à BREEAM Qu'on ne trouve pas dans HQE et LEED.

3.1.1.1.2 Utilisation des terres et écologie :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère l'utilisation de la terre et écologie.

Tableau 3.2 : comparaison des indicateur de de l'utilisation des terre et écologie pour HQE, LEED et BREEAM.

Indicateur	BREEAM	LEED	HQE
Contrôle de l'érosion et de la sédimentation	X	✓	X
Réduction des risques de nuisance entre le bâtiment et son voisinage et son site / Valeur du site et protection des caractéristiques écologiques du site	✓	✓	✓
Réaménagement de friches industrielles réutilisation des terres /terre récupérés / purification des terre contaminé	✓	✓	X
Utilisation de l'opportunité offerte par le site	✓	X	✓

Les trois référentiels ont en commun la préservation des ressources naturelles et la biodiversité et la réduction de l'impact des bâtiments sur son site en atténuant les polluants , BREEAM et HQE ont pour préoccupation l'utilisation des opportunités offertes par le site contrairement à

LEED , ce dernier s'intéresse avec BREEAM à la réutilisation des terres en réaménageant les friches industrielles et la purification des terres contaminées , LEED se singularise de BREEAM à LEED par le contrôle de l'érosion et la sédimentation .

3.1.1.1.3 Transport

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère l'utilisation de la terre et écologie.

Tableau 3.3 : comparaison des indicateur du transport pour HQE, LEED et BREEAM .

Indicateur	BREEAM	LEED	HQE
Transport vert /transport à bas Carbone	✓	✓	X
Réseau de transport public / Piste cycliste/ route piétonne	✓	✓	X
Limitation des déplacements /proximité des commodités	✓	✓	X

La comparaison révèle que le transport est un paramètre qui n'est pas traité par HQE, et que LEED et BREEAM traitent les mêmes paramètres liés au transport mais en utilisant des stratégies différentes comme les places de parking, LEED a pour objectif de minimiser les places de parking; contrairement à BREEAM, il préconise tous les deux l'usage des véhicules verts, le transport en commun les deux roues afin de minimiser la pollution de l'air contrairement à HQE ; et également la proximité des commodités afin de limiter le déplacement.

3.1.1.1.4 Pollution :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère l'utilisation des terres et écologie.

Tableau 3.4 : comparaison de l'indicateur de la pollution pour HQE, LEED et BREEAM.

Indicateur	BREEAM	LEED	HQE
Réduction de la pollution lumineuse	✓	✓	✓
Réduction de la pollution acoustique	✓	X	✓
Réduction des émissions à effet de serre	✓	✓	✓

Les trois méthodes d'évaluation ont pour objectif la réduction des gaz à effet de serre et la pollution des lumineuses, la réduction de la pollution acoustique est indicateur propre à BREEAM et HQE.

3.1.1.1.5 L'énergie :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère de l'énergie.

Tableau 3.5 : comparaison des indicateurs de l'énergie pour HQE, LEED et BREEAM.

Indicateur :	BREEAM	LEED	HQE
Mise en service d'un système fondamental du bâtiment /mesure et surveillance énergétiques /Sous comptage énergétique	✓	✓	✓
Système constructif efficace en terme d'énergies / Optimisation de la performance énergétique	✓	✓	✓
Énergies renouvelable / énergie verte /système d'énergie renouvelable	✓	✓	✓
Stockage frigorifiques	X	✓	X
Système et vecteur énergétiques minimisant les gaz à effet de serre et les polluants	✓	✓	✓

L'énergie occupe une place importante pour les trois méthodes d'évaluation, elles visent toutes les trois à renforcer la réduction de la demande et des besoins énergétiques et à l'optimisation de l'usage des énergies renouvelables et les énergies à faible émission des gaz à effet de serre, LEED se distingue de BREEAM et HQE par le stockage frigorifique.

3.1.1.1.6 Matériaux :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère des matériaux.

Tableau 3.6 : comparaison des indicateurs de l'énergie pour HQE, LEED et BREEAM.

Indicateur	BREEAM	LEED	HQE
Matériaux locaux /écologiquement préférable /construction durable	✓	✓	✓
Impact du cycle de vie	✓	✓	X
Initiative de réutilisation des matériaux /réutilisation du bâtiment	X	✓	X
Usage des matériaux isolant	✓	✓	✓
Utilisation des matériaux à faible émission	X	✓	X

HQE, LEED et BREEM ont pour objectif la construction de bâtiments durables en utilisant des matériaux locaux, écologiques, et à haute performance énergétique, LEED et BREEAM visent tous les deux à réduire l'impact de cycle de vie qui n'est pas traité par HQE,

la réutilisation des matériaux et l'usage des matériaux à faible émissions sont des critères spécifiques de LEED.

3.1.1.1.7 Santé et bien être bien être et Qualité de l'environnement intérieur :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère de la Santé et bien être bien être et Qualité de l'environnement intérieur.

Tableau 3.7 : comparaison des indicateurs de la santé et du bien-être pour HQE, LEED et BREEAM.

Indicateurs	BREEAM	LEED	HQE
Gestion de qualité d'air intérieur /efficacité du changement d'air intérieur / utilisation de système passif de simulation aéraulique / Gestion de la ventilation.	✓	✓	✓
Gestion des contaminations présentes dans l'air / Gestion de a condensation et des moisissures	✓	X	X
Sureté et sécurité	✓	X	X
Confort visuel /optimisation éclairage naturel /éclairage artificiel contrôlable	✓	✓	✓
Relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur	X	✓	✓
Confort thermique /isolation thermique / zonage thermique	✓	✓	✓
Performance acoustique / correction et isolation thermiques	✓	X	✓
Confort olfactif / réduction des mauvaise odeurs	X	✓	✓

Selon HQE, BREEAM et LEED le confort thermique, visuel et la qualité de l'air intérieur sont des notions importantes pour garantir le bien-être et la santé des usagers, quant au confort olfactif et la relation visuelle avec l'extérieur. Ces aspects n'ont pas été traités par BREEAM contrairement à LEED et à HQE, l'acoustique est une préoccupation majeure pour BREEAM et HQE et non pas pour LEED, la particularité de BREEAM se trouve dans la gestion des contaminations et dans la sécurité.

3.1.1.1.8 Innovation :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère innovation.

Tableau 3.8 : comparaison de l'indicateur de l'innovation pour HQE, LEED et BREEAM

Indicateurs	BREEAM	LEED	HQE
Implémentation de nouvelle technologie /nouvelle techniques de conceptions	✓	✓	X

L'innovation, un critère que HQE ne traite pas, qui est intégré uniquement dans le processus d'évaluation de BREEAM et LEED.

3.1.1.1.9 Déchets :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère déchets.

Tableau 3.9 : comparaison de l'indicateur des déchets pour HQE, LEED et BREEAM.

Indicateurs	BREEAM	LEED	HQE
Minimisation des déchets	✓	X	✓
Gestion différenciée des déchets et optimisation des circuits de tri	✓	X	✓
Facilité de nettoyage et de l'évacuation des déchets de l'activité	X	X	✓
Recyclage des déchets	✓	X	X
Adaptation fonctionnel	✓	X	X

Les déchets, un paramètre qui n'est pas traité par LEED, HQE et BREEAM s'accordent concernant la gestion des déchets de chantier, et la minimisation de leur production et leurs tris. Contrairement à HQE, BREEAM s'intéresse au recyclage des déchets Les labels.

3.1.1.1.10 Qualité de l'eau :

Le tableau ci-dessous présente la différence entre les crédits des trois méthodes d'évaluation selon le critère de la qualité d'eau.

Tableau 3.10 : comparaison de l'indicateur de la qualité de l'eau pour HQE, LEED et BREEAM.

Indicateurs	BREEAM	LEED	HQE
-------------	--------	------	-----

Gestion de l'eau potable / contrôle et de la consommation d'eau	✓	✓	✓
Détection et prévention des fuites d'eau	✓	X	X
Optimisation de la Gestion des eaux usées / Recours a des eaux non potable / consommation des eaux du système d'incendie / système d'irrigation et aménagement paysager	X	X	
Réduction de la consommation d'eau potable	✓	✓	X

Les trois méthodes d'évaluation ont en commun la gestion de l'eau potable, la conservation de l'eau est la principale occupation de LEED et BREEAM, tandis que la réutilisation de l'eau est une propriété de HQE, la détection et prévention des fuites reste un critère particulier à BREEAM.

3.1.1.2 Pondération :

Comme chaque pays a élaboré une méthode d'évaluation des bâtiments durables propre à son contexte climatique et culturel, les critères d'évaluation et des crédits différents d'un pays à un autre.

Après avoir comparé les principales catégories, il est nécessaire de comparer les critères de crédits et les scores attribués à chaque catégorie des différentes méthodes d'évaluation étudiée, afin de mettre en évidence les avantages et les inconvénients de chaque méthode.

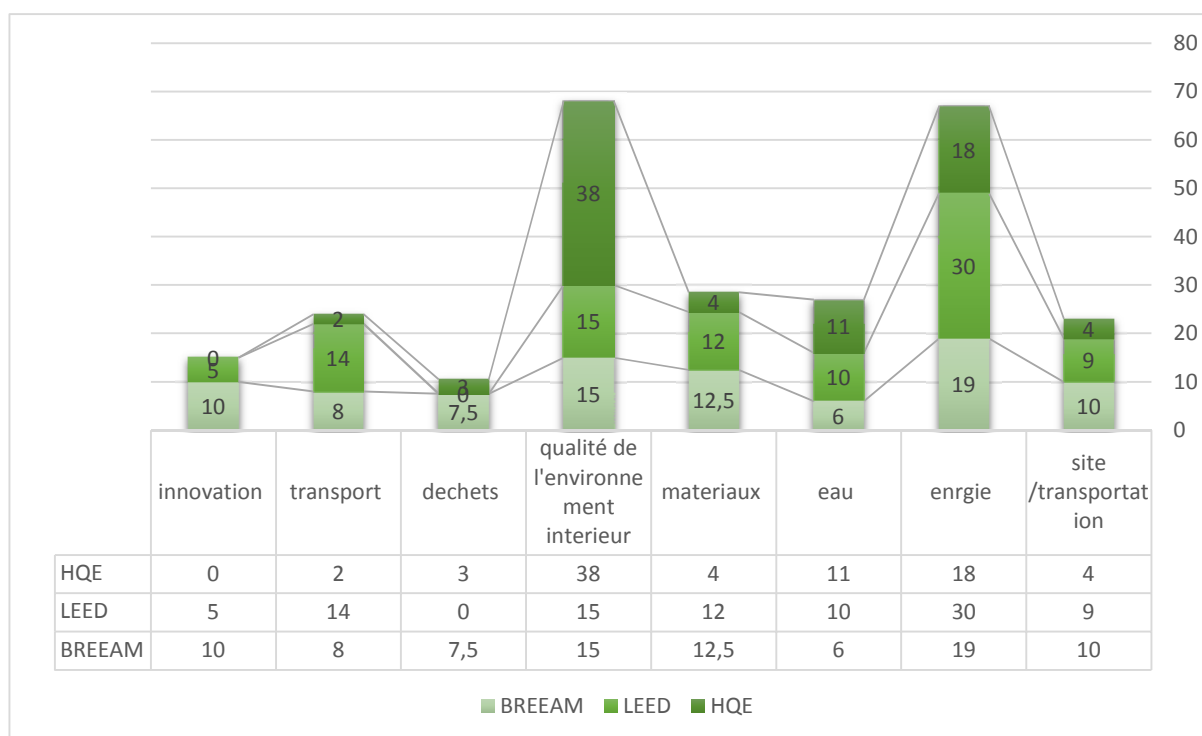


Figure 3.1 : répartition des crédits pour chaque méthode d'évaluation.

La figure ci-dessus nous dévoile la distribution des crédits pour chaque critère d'évaluation des différentes méthodes d'évaluation retenues.

Il est clairement démontré que l'énergie est le domaine le plus avancé et le mieux compris du bâtiment écologique. La gestion, la surveillance et l'efficacité de l'énergie ont été explorées et perfectionnées au cours de ces trois décennies. Suivra ensuite la qualité de l'environnement intérieur considérée comme une préoccupation principale de HQE comparant à BREEAM et à LEED. Les déchets, une thématique qui n'est pas traitée par LEED qui est concentré sur le transport par rapport à BREEAM et HQE, Un bâtiment évalué à l'aide de deux méthodes d'évaluation n'obtiendra pas le même score.

Une synthèse de la comparaison des outils d'évaluation de la qualité environnementale étudié est présentée ci-après, il en ressort les constats suivants :

Chaque catégorie des méthodes est déclinée en indicateurs, qui constituent le fond des MEBD et forment des listes exhaustives contribuant à évaluer les bâtiments durables.

Globalement les trois certifications ont des rubriques environnementales similaires avec des variations avec celles mises en avant, pour BREEAM et LEED, les thématiques liées au respect de l'environnement sont prédominantes. HQE est celle qui représente le plus de cibles orientées vers l'homme, les notions liées à la santé et au confort de l'homme sont plus développées dans ce référentiel par rapport à BREEAM et LEED.

HQE intègre des exigences et des critères autour de l'homme, sa santé et son bien-être, ces notions sont peu abordées par BREEAM et LEED.

3.1.2 Élaboration d'une méthode d'évaluation :

En jetant un regard sur la situation du secteur du bâtiment en Algérie et son impact sur l'environnement, on arrive très aisément à la conclusion que nous sommes arrivés à un tournant décisif de notre histoire écologique. Ce qui nous oblige à passer à un mode de construction plus responsable en privilégiant la lutte contre la pollution, traitement des déchets, passage aux énergies renouvelables.

Afin de soutenir cette démarche, le recours aux méthodes d'évaluation du bâtiment durable est primordial pour réduire l'impact du bâtiment sur son environnement, les méthodes d'évaluation étudiés dans le deuxième chapitre sont majoritairement appliquées à leur contexte local et difficilement exportables ou autre régions, d'où la nécessité de l'élaboration d'une méthode d'évaluation propre au contexte algérien qui prend en compte les problèmes de durabilité en Algérie et adapté au règlementation locales.

3.1.2.1 État du cadre législatif concernant le développement durable en Algérie :

Aujourd'hui, en Algérie la notion de durabilité fait florès et revient en force dans la presse et la communication territoriale. Notamment dans le domaine de la construction qui a entraîné une crise écologique aigue causé par une urbanisation accélérée et une construction d'un cadre bâti non convenable.

C'est par l'évolution des législations et à travers les différentes réglementations, associées au développement durable que maîtres d'ouvrage et architectes commencent à placer l'économie d'énergie et la préservation de l'environnement aux premiers rangs de leurs préoccupations, ces codes règlementaires servirs de base pour la création d'une certification environnementale.

Face à la gravité des problèmes écologiques, l'Algérie a élaboré à partie de l'année 2000, une stratégie nationale du développement durable qui se traduit en plusieurs lois et règlement relative a :

- La gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets (loi n°01-19 du 12 décembre 2001).
- La protection et à la valorisation du littoral (loi n°02-02 du 05 février 2002).
- La protection de l'environnement dans le cadre du développement durable (loi n°03-10 du 19 juillet 2003).
- La promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable (loi n°04-09 du 14 aout 2004).
- Ratification par l'Algérie des conventions cade sur le climat, la biodiversité déserte, les forêts du protocole de Kyoto et du protocole de Montréal
- Loi n° 90-29 du 01/12/1990 révèle le caractère latent des énoncés relatifs aux aspects environnementaux interférant avec le cadre bâti.

3.1.2.2 Présentation de la méthode :

Nous avons baptisé notre méthode " AASB " dont l'acronyme signifie « Algerian Action for Sustainable Building », cette méthode se veut une stratégie nationale de développement durable dans le domaine de la construction en Algérie dans le but d'intégrer les principes du développement durable.

Cette méthode sera un outil adapté, pour les différentes phases de la construction et les différents types d'opérations. Et propose une approche multicritère ayant comme support les bases de données des méthodes d'évaluation comparées dans la partie précédente.

3.1.2.2.1 Objectif de la méthode :

L'objectif de cette démarche est de développer une méthode d'évaluation des bâtiments durables simple à mettre en œuvre pour les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre régionaux

La méthode a pour but l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments en rendant le bâtiment peu ou complètement autonome en terme d'exploitation des énergies renouvelables, et construction de locaux qui consomment beaucoup moins d'énergie, par leur orientation, l'utilisation des ressources naturelles (soleil, vent, végétation, optimisation de l'éclairage naturel), la méthode s'intéressera également au volet environnemental en visant La réduction de la pollution et les émissions des impacts des gaz à effet de serre et au traitement de déchets.

Cette méthode s'intéressera également au bien être des usagers en offrant un confort visuel, acoustique et thermique avec une bonne qualité d'air.

➤ Le cahier des charges de cet outil est de :

- Développer une série d'indicateurs de performances hétérogènes et explicites pour les utilisateurs de la méthode.
- Une méthode (globale et multicritères) et impartial dans les indicateurs environnementaux développés.
- Être applicable à tout type de bâtiment et pour toute les phases de la construction
- Améliorer les performances en termes d'impacts environnementaux.
- Un meilleur confort ou une meilleure productivité, suite aux préconisations d'usage.
- Aider les acteurs (surtout les concepteurs) à améliorer la durabilité de leur projet dès les premières phases de conception afin de contribuer à un meilleur profil durable des réalisations finales

3.1.2.2.2 Organisation de la méthode :

Dans le but d'élaborer notre propre méthode d'évaluation nous avons procédé suivant le principe du benchmarking qui consiste en une étude comparative des différents critères des systèmes d'évaluation traités précédemment, à l'issue de cette étude nous avons pu générer une première liste (qui comprend l'intégralité des critères en commun entre de ces systèmes.

En superposant cette première liste sur cadre législatif du développement durable en Algérie nous avons constaté que les textes législatifs algériens se sont intéressés beaucoup plus sur la question environnementale et ont négligé le bien-être et le confort de l'utilisateur. Afin d'obtenir une méthode d'évaluation globale nous avons intégré les critères qui traitent le confort des usagers à celle de l'environnement traité par la législation.

Nous retenons ainsi 12 critères couvrant trois champs d'évaluation : environnement extérieur, Environnement intérieur et Ressources.

Tableau 3.11 : Les critères retenus pour la méthode AASB

champs	Critère
Environnement extérieur	Pollution
	Déchets
	Transport
	Site et voisinage
Ressources	Énergie
	Matériaux
	Qualité de l'Eau
	Qualité de l'air
Environnement intérieur	Confort thermique
	Confort visuel
	Confort acoustique
	Confort olfactif

Les indicateurs constituent l'épine dorsale des méthodes d'évaluation, pour cela, nous avons développé à partir du critère retenu pour notre méthode en suivant toujours la même logique de transposition afin de permettre de tracer le portrait du bâtiment durable en Algérie, nous avons ainsi développé 32 indicateur.

Tableau 3.12 : Les indicateur fixé pour chaque critère.

Champs	Critère	Sous critère
Environnement extérieur	Site et voisinage	Utilisation des opportunités offerte par le site
		Protection des caractéristiques écologique du site
		Réduction des risques de nuisances entre le bâtiment et son environnement
		Recyclage des friches industrielles et des terres contaminées.
	Transport	Réseau de transport public
		Piste cyclable
		Proximité des commodités et limitation des déplacements
	Pollution	Réduction des pollutions lumineuses
		Réduction des pollutions acoustiques
		Réduction des émissions des gaz à effets de serre
	Déchets	Recyclage des déchets
		Optimisation des circuits de tri

Ressources		Minimisation des déchets
		Gestion des déchets de l'activité
		Gestion des déchets des chantiers
	Énergie	Système constructif efficace en termes d'énergie
		Utilisation des énergies renouvelables
	Matériaux	Système et vecteur énergétique minimisant les gaz à effets de serre
		Utilisation des matériaux locaux
		Réutilisation des matériaux
		Utilisation des matériaux isolant
	Qualité de l'eau	Matériaux à faible émissions
		Maintien de la qualité de l'eau potable dans le bâtiment
		Assurance de l'assainissement des eaux usées
		Protection du réseau de distribution collectif
	Qualité de l'air	Traitement éventuel des eaux non potables utilisées
Ventilation pour la qualité de l'air		
Gestion de la qualité d'air intérieur		
Environnement intérieur	Confort thermique	Gestion des contaminations présente dans l'air
		Zonage thermique
	Confort visuel	Isolation thermique
		Relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur
		Optimisation de l'éclairage naturelle
	Confort olfactif	Éclairage artificiel contrôlable
		Réduction des mauvaises odeurs
	Confort acoustiques	Ventilation permettant l'évacuation des mauvaises odeurs.
		Performance acoustique
		Isolation acoustique
		Correction acoustique

3.1.2.3 Système Pondération :

Il existe une variété de mode d'évaluation d'un projet, l'approche multicritère que nous avons utilisée pour l'élaboration de notre méthode implique l'usage de la liste de contrôle « Check List » qui consiste la répartition d'une somme de points sur l'ensemble des critères.

L'avantage de l'utilisation de cette liste est la simplicité de la méthode et la rapidité d'évaluation.

Suivant l'approche de pondération de BREEAM et LEED, nous avons attribué des crédits pour chaque critère selon son importance, pour notre méthode la thématique environnementale du site ont reçu le poids le plus élevé par rapport à leur importance dans le contexte algérien.

Le résultat est ensuite établi sur une possibilité totale de 100 points, répartis de la manière suivante :

Tableau 3.13 : les crédits fixés pour chaque indicateur pour la méthode AASB,(source :auteurs,2021).

Confort thermique	2
Zonage thermique	1
Isolation thermique	1
Confort visuel	5
Relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur	1
Optimisation de l'éclairage naturelle	2
Éclairage artificiel contrôlable	2
Confort olfactif	2
Ventilation permettant l'évacuation des mauvaises odeurs	1
Réduction des mauvaises odeurs	1
Confort acoustique	3
Performance acoustique	1
Isolation acoustique	1
Correction acoustiques	1
Site est voisinages	14
Utilisation de l'opportunité offerte par le site	8
Protection des caractéristiques écologiques du site	3
Réduction des risques de nuisance entre le bâtiment et son environnement	2
Recyclage des friches industrielles et des terres contaminé	1
Transport	5
Réseau de transport public	2
Piste cyclable	1
Proximité des commodités et limitation des déplacements.	2
Pollution	8
Réduction des pollutions lumineuses	2
Réduction des pollutions acoustiques	2
Réduction des émissions de gaz à effets de serre	4

Ensuite sont pondérés ces catégories, le score global est acquis est retranchés en 6 niveaux de certification. Selon son niveau de performance, le bâtiment reçoit une mention allant de la classe F cette dernière désignant la performante.

ces crédits par score global retranchés en certification niveau de le bâtiment une mention classe A à dernière moins

Déchets		9
Recyclage des déchets		3
Optimisation des circuits de tri		1
Gestion des déchets de l'activité		2
Gestion des déchets du chantier		3
Énergie		17
Système constructif efficace en termes d'énergie		4
Utilisation des énergies renouvelables.		9
Système et vecteur énergétique minimisant les gaz à effet de serre		4
Matériaux		13
Utilisation des matériaux locaux		4
Réutilisation des matériaux		2
Utilisation des matériaux à faible émission		2
Utilisation des matériaux isolant		5
Qualité de l'eau		15
Maintien de la qualité de l'eau potable dans le bâtiment		7
Assurance de l'assainissement des eaux usées		3
Protection du réseau de distribution collective		2
Traitement éventuel des eaux non potables		3
Qualité de l'air		7
Ventilation pour la qualité de l'air		4
Gestion de qualité de l'air intérieur		2
Gestion des contaminations présentes dans l'air		1
Total		100

Tableau 3.14 : Les niveaux de performance de la méthode AASB.

Niveau de certification	Score	Système d'étoile
Classe F	inférieurs à 25	★
Classe E	25-45	★★
Classe D	45-55	★★★
Classe C	55-70	★★★★
Classe B	70-80	★★★★★
Classe A	Supérieurs à 80 %	★★★★★★

3.2 . Application de la méthode sur un bâtiment existant ; cas d'étude : maison prototype à Souidania.

Nous avons présenté Dans la première partie la structure d'une nouvelle méthode d'évaluation de la durabilité d'un bâtiment local, dans la deuxième partie nous suivons la tâche suivante, qui consiste à tester et valider cette méthode dans le bâtiment en question. A cet effet, nous présentons d'abord brièvement l'objet d'investigation, son contexte climatique ainsi que les moyens et aspects techniques mis en œuvre pour sa conception.

3.2.1 Choix du cas d'étude :

Pour les besoins de l'étude, il nous fallait trouver un bâtiment local inséré dans une politique environnementale. Et vu la carence du potentiel local en terme de bâtiments durables en raison d'indisponibilité d'ingrédients permettant l'insertion de ces derniers dans cette optique, en effet nous avons eu recours à un modèle réalisé à un titre d'une qualité énergétique performante.

3.2.2 Présentation du champ opérationnel :

Le projet fait l'objet d'un logement pilote réalisé par le C.N.E.R.I.B (Centre National d'études et de Recherches intégrées du Bâtiment), en collaboration avec le C.D.E.R (Centre de Développement de Energies Renouvelables) ce projet est baptisé comme une première maison solaire à faible consommation énergétique. L'enjeu est inséré dans. Une optique de reproduction de l'expérience à travers le territoire national dans les zones rurales et conformes aux climats étudiés.



Date de construction : 2007

Date d'inauguration : 2010

Localisation : Souidania. Algérie

Maitrise d'œuvre : CNERIB /CDER

Maitrise d'ouvrage : ministère de l'habitat

Figure 3.2 : fiche technique de la maison prototype (source: ,2021).

La figure ci-dessus nous montre une fiche technique du bâtiment à étudier qui a été réalisé par une collaboration et un partage de moyens entre un centre de recherche nationale et une entreprise internationale :

- **CNERIB** : créé en 1978 chargé d'entreprise de tous les travaux de recherches scientifiques et techniques Consacrées au bâtiment.
- **CDER** : créé en 1988, chargé d'élaborer et de mettre en œuvre les programmes de recherche et de développement scientifiques et technologiques des systèmes énergétiques, exploitant les différentes énergies renouvelables (solaires, éolienne, géothermiques ...etc.).

3.2.3 Description de la maison prototype :

Notre cas d'étude est implanté au sein de la cité Nouvelle El Mokrani située au centre de la commune de soudania, qui est un village étendu à la périphérie sud-ouest de la capitale.

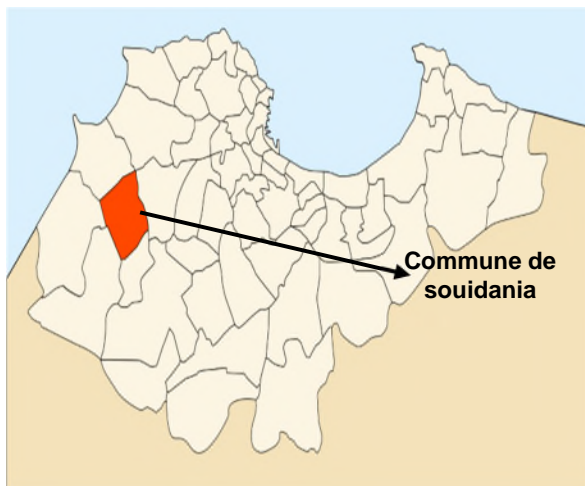


Figure 3.3 : situation de la commune par rapport à la wilaya d'Alger (source : Google photos, 2021)



Figure 3.4: carte géographique indiquant la situation du projet par rapport à la commune (source : www.googlemaps, 2021)

- Le projet est inséré alors dans la zone sud-est de la commune, comme l'indique la fig.4 ci-dessus.

La maison est révélée par les différents projets phares de la commune : le stade communal, l'APC et le centre national d'études et de recherches intégrées au bâtiment, ces projets sont situés sur la carte ci-dessous.



Figure 3.5 : situation géographique de la maison CNERIB, (source : www.viamichelin.fr,2021)

Le projet est d'une vocation résidentielle caractère rural, La figure ci-dessus nous montre sur plan sa situation et les différentes masses l'entourant.

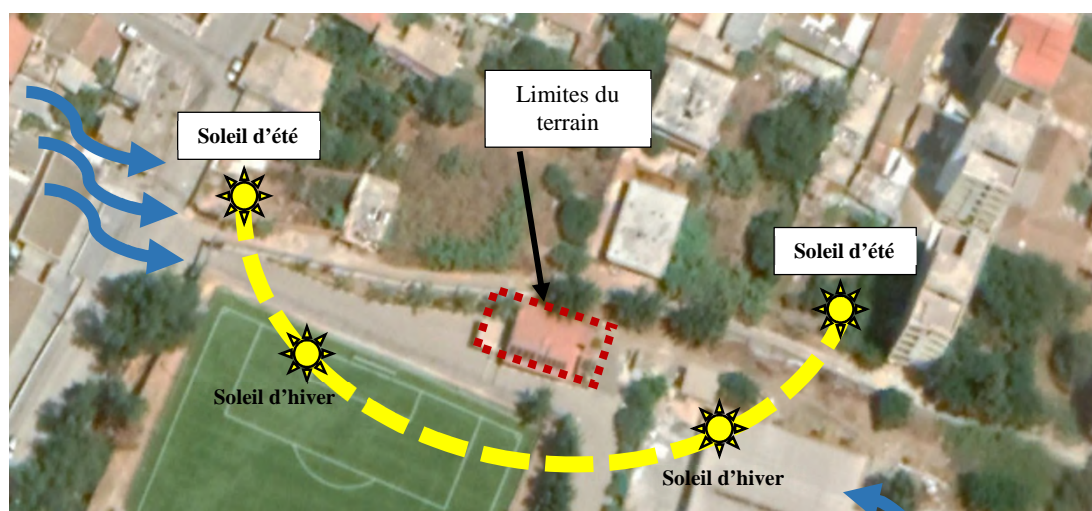
- L'accès au projet se fait par l'enceinte de la cité qui se trouve sur une voie tertiaire qui converge vers l'axe principal qui est une route wilayale.

Le projet est inséré dans un site à masses éclatées, suffisamment aéré, bordé au nord par un mur de clôture, à l'est par des voies de distribution internes, par le stade de la ville au sud, et le centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment à l'ouest.

3.2.3.1 Contexte climatique : le projet appartient à la zone climatique du littoral méditerranéen qui est définie par un hiver frais et un été chaud et humide.

La figure suivante nous montre l'implantation du projet par rapport au site, la courbe du soleil et les vents dominants.

Le bâtiment s'insère dans une assiette prenant une forme carrée, orienté depuis l'axe sud est vers l'axe nord est, une orientation favorable, qui est l'une des caractéristiques primaires de l'architecture bioclimatique.





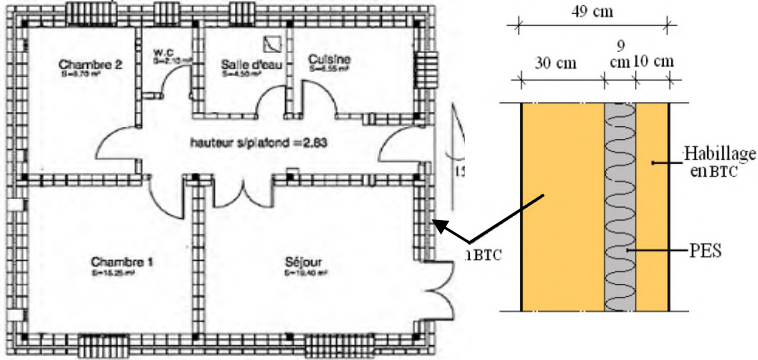


L'ensemble du bâtiment profite pleinement de la lumière du jour comme nous le montre la course du soleil illustré dans la figure ci-dessus.

3.2.3.2 Les démarches environnementales empruntées :

Afin de simplifier la compréhension de la mention adaptée au bâtiment nous allons procéder à la décortication de quelques aspects pouvant attester sa réputation d'un bâtiment durable, pour ce faire, le tableau suivant expose les principales caractéristiques du projet en mettant en relief les tendances fortes observées sur le terrain.

Tableau 3.15: caractéristiques de la maison prototype ;(source : auteures, 2021).

<p>Installation des panneaux solaires sur la surface de la façade sud qui est la plus exposée au soleil, ce qui permet à l'habitation de produire sa propre source d'électricité.</p>	
<p>Matériaux et Le système constructif : ossature en bois, toiture en tuile rouge, et structure en murs porteurs en brique de terre comprimée et stabilisée.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Ces matériaux sont locaux, naturels utilisent peu d'énergie grise lors de leur transformation comme ils ne sont pas nuisibles à l'environnement.</p>
<p>Utilisation d'un Plancher chauffant à basse température produisant ainsi de la chaleur et également de l'eau chaude sanitaire et un système de ventilation naturelle.</p>	
<p>L'Isolation thermique du bâtiment est assurée par la composition complexe des murs et les caractéristiques physiques des matériaux (forte résistance thermique). L'épaisseur importante des parois extérieures (49cm) contribuent également à la bonne isolation du bâtiment</p>	



3.2.3.3 Analyse du programme :

La distribution spatiale de la maison est hiérarchisée par l'orientation du séjour vers le sud-est afin de profiter de la lumière naturelle de la journée, une chambre orientée au sud-ouest, ces deux espaces garantissent le contact avec l'extérieur par deux fenêtres larges à persiennes en bois, ces dernières permettent d'une part la filtration des rayons solaires en diminuant la quantité de lumière pénétrante, d'autre part elles permettent la pénétration totale de cette lumière du jour. Une porte fenêtre a été placée du côté est du séjour donnant sur un balcon ce qui permet à la salle de séjour de s'appropriier la lumière naturelle nécessaire pendant tout le long de la journée.

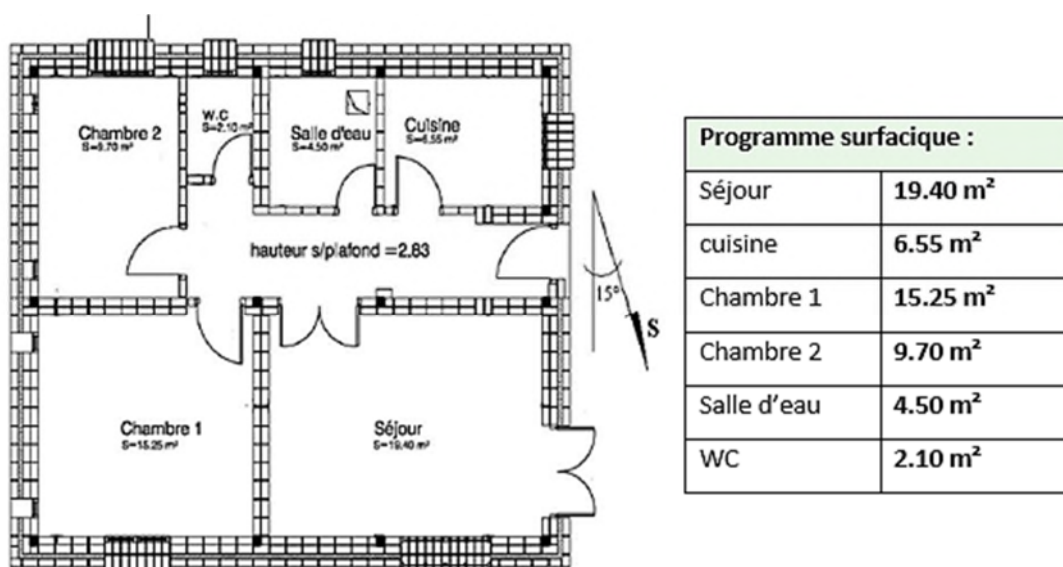


Figure 3.7: organisation spatiale de la maison CNERIB ;(source: ,2021)

La figure ci-dessus, illustre le programme et l'organigramme spatial d'une maison se veut un modelé d'une conception bioclimatique vu son orientation et les stratégies bioclimatiques assurées (régulation de la température et de la lumière naturelle durant toute l'année), et ceux à l'aide des différents dispositifs et systèmes cités précédemment équipés par cette maison.

Les espaces humides et espaces tampons sont orientés au nord-est la deuxième chambre que comporte la maison est positionnée sur le côté nord-ouest

Cette maison est donc classée comme une habitation durable (aspects) intégrant une architecture bioclimatique (stratégies)

3.2.4 Application de la méthode AASB :

Pour l'application de notre méthode sur le prototype CNIRIB, nous avons procédé de la même manière que la méthode BREEAM en utilisant un fichier Excel, les résultats de l'évaluation sont présentés dans La figure ci-dessous.

	A	B	C
1	Critère	Crédits valables	Crédit obtenus
2	Site et voisinage	14	10
3	Transport	5	3
4	Pollution	8	6
5	Déchets	9	2
6	Energie	17	17
7	Materiaux	13	11
8	Qualité de l'eau	15	10
9	Qualité de l'air	7	4
10	Confort thermique	2	2
11	Confort visuel	5	5
12	Confort acoustique	3	1
13	Confort olfactif	2	1
14	Total	100	72
15	Grade obtenu		Classe B

Figure 3.8: résultat de l'évaluation de la maison CNERIB

3.2.4.1 Détails des résultats :

3.2.4.1.1 Critère : site et voisinage

L'objectif de Cette thématique est de déterminer la manière dont la maison exploite les potentialités de site et interagit avec le milieu environnant : Les préoccupations considérées sont :

- Les aspects liés à l'ensoleillement, et aux vues et au confort acoustique.
- L'influence du projet sur le bien-être et la santé des usagers.
- Le choix et le développement raisonnés du site.
- Protection de la végétation, des spécificités locales et de la biodiversité présentes sur le site.
- Réutilisation des terres.
- La réduction de l'effet îlot de chaleur : par l'emploi de surfaces réfléchissantes et végétales afin de limiter l'augmentation de la température aux abords du bâtiment.

Cette thématique est composée de quatre sous-crédits. Un total de 14 points est mis en jeu, La maison CNERIB en a validé 10.

- Les principaux éléments positifs qui ont permis à la maison CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :
 - La lutte contre les îlots de chaleur en implantant des arbres.

- La limitation des impacts négatifs sur le voisinage (ne constitue pas de masque pour les bâtiments avoisinants pollutions sonore, acoustique, etc.).
- Tirer profit des potentialités du site par une bonne orientation du projet, captage du rayon de soleil et la végétation.

A contrario, la maison CNERIB a été sanctionnée pour les éléments suivants :

- Suppression d'une partie végétalisée de la parcelle.

3.2.4.1.2 Transport :

Cette thématique a comme préoccupations les cheminements, l'accessibilité : ses objectifs sont :

- Proximité aux transports en commun.
- Proximité des sévices.
- Optimisation des places de parking.
- Qualité de l'accessibilité.

Dans cette thématique on trouve 3 sous-critères un total de 5 point est attribué, La maison CNERIB en a validé 3.

➤ Les principaux éléments positifs qui ont permis à la maison CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :

- Accès facile depuis une route de distribution interne.
- Proximité de la route wilayale 133.
- Proximité aux transports en commun.

➤ A contrario, la maison CNERIB a été sanctionnée pour les éléments suivants :

- Eloignement des commodités (la maison se trouve à la périphérie de la ville d'Alger avec des services de proximité et elle est située dans un site à caractère résidentiel)
- Absence d'attention pour les pistes cyclables
- Manque d'espace de parking

3.2.4.1.3 Pollution

Le but de cette thématique est d'encourager les acteurs du bâtiment à la réalisation de projets à faible impact en terme de pollution, ses préoccupations sont les suivantes :

- La réflexion sur les sources de pollution.
- Réduction de la pollution lumineuse.
- Réduction de la pollution acoustique.
- Réduction de l'émission de gaz à effets de serre.

Cette thématique est composée de trois sous-crédits. Un total de 8 points est mis en jeu, La maison CNERIB en a validé 6.

➤ Les principaux éléments positifs qui ont permis à la CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :

- Un niveau d'éclairage adéquat avec une intensité moyenne
- Par son activité et sa composition à faible émission de gaz effets de serre

- A contrario, la maison CNERIB a été sanctionnée pour les éléments suivants :
 - La situation de la maison près du stade qui représente une source de nuisance sonore
 - Manque de végétation pour diminuer les gaz effet de serre

3.2.4.1.4 Déchets

L'objectif de cette cible est de réduire de la production de déchets et la réflexion sur leur mode de gestion, encourager le tri ; ses préoccupations sont les suivant :

- La limitation des nuisances prévenant du stockage des déchets.
- Optimisation des circuits de tri, collecte, recyclage et valorisation des déchets.
- Le développement de séances de concertation entre les acteurs du bâtiment pour améliorer le déroulement et la perception du chantier.
- Gestion des déchets de l'exploitation.

Cette thématique est composée de trois sous-crédits. Un total de 9, La maison CNERIB en a validé 2, se score est justifié par le fait qu'aucun intérêt n'a été accordé au recyclage des déchets uniquement dans la phase du chantier ou les acteurs du projet e sont intéressé à la gestion des déchets du chantier, de plupart l'utilisation de matériaux recyclable comme le bois et la terre. et par La simplification de l'exécution et la réduction de l'impact environnemental des produits et procédés.

3.2.4.1.5 L'énergie

L'objectif de ce critère est de diminuer la consommation des sources d'énergie fossiles, et la réduction émissions de gaz à effet de serre Les objectifs visés par cette thématique sont :

- L'architecture bioclimatique
- La limitation des consommations énergétique dans la phase d'exploitation
- Le choix de systèmes énergétique réduisant les émissions de gaz à effet de serre et polluants
- L'utilisation d'énergie provenant de sources renouvelables : en utilisant les sources d'énergie renouvelables disponibles sur le site ou provenant d'ailleurs.
- La performance énergétique : développer une approche énergétique qui intègre tous les aspects du bâtiment.

Cette thématique possède le poids le plus élevé avec 17, La maison CNERIB en a validé la totalité.

- Les principaux éléments positifs qui ont permis à la CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :
 - La Réalisation d'une simulation thermique dynamique
- utilisation et production d'énergie renouvelable (utilisations du panneau photovoltaïque).

- Prise en compte des principes de l'architecture bioclimatique dans la conception (par le zoning des de la maison, emploi de la terre stabilisé BST a forte inertie thermique permettant d'économiser l'énergie pour le chauffage et le refroidissement).
- Emploi de matériaux à faible émission de gaz à effet de serre.
- Classé A en termes de performance énergétique.
- Utilisation de la dalle chauffante permettant de chauffer l'eau et régulariser la température à l'intérieur de la maison.

3.2.4.1.6 Matériaux :

Cette thématique a pour préoccupation, l'impact environnemental des matériaux present sur le site et une meilleure gestion des matériaux et déchets opératifs. Les objectifs visés par cette thématique

- Emploi de matériaux locaux.
- Utilisation de matériaux durables :
- Choix des matériaux selon leur impact environnemental, et sur la santé des usagers .
- La réduction de la production de déchets : réduire les sources, réutiliser et recycler le plus possible.
- La réduction des déchets à la source
- Mise en place d'un plan de gestion des déchets afin de les tracer jusqu'à leur dépôt.
- La réutilisation et le recyclage : en triant efficacement les déchets afin de réduire leur quantité

Cette thématique est composée de quatre sous-crédits. Un total de 13 points est mis en jeu, La maison CNERIB en a validé 11

- Les principaux éléments positifs qui ont permis à la maison la CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :
 - Emploi de matériaux locaux expliqué.
 - Les matériaux utilisés pourront, généralement, être réutilisés ou recyclé entièrement ou en partie terre cuite et le bois.
 - La liberté d'adaptabilité et la longévité du bâtiment
 - Utilisation de la terre stabilisée BTS assure un excellent niveau d'isolation.
 - Les matériaux utilisés ne sont pas nuisibles à son environnement avec un faible taux des émissions de gaz à effets de serre.
 - Choix de matériaux produits localement.
 - Choix de matériaux ou de dispositifs nécessitant peu d'entretien.
- A contrario, la maison CNERIB a été sanctionnée pour les éléments suivants :
 - Les matériaux de construction employée ne sont pas issus d'un recyclage.

3.2.4.1.7 La qualité de l'eau

L'objectif de cette cible est l'optimisation des quantités d'eaux utilisées et la rationalisation de l'exploitation des ressources à disposition. Les préoccupations de la cible sont :

- La réflexion sur l'alimentation, la gestion des eaux de pluie

- L'évacuation des eaux usées
- Maintien de la qualité de l'eau potable dans le bâtiment
- La réduction de la consommation d'eau :

Cette thématique est composée de quatre sous critère avec un total de crédit de 15, la maison CNERIB en obtenu 10

- Les principaux éléments positifs qui ont permis à la maison la CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :
 - Son raccordement à un réseau de distribution collective
 - Assurance d'un assainissement pour les eaux de pluie
 - Maintien d'une bonne qualité d'eau à l'intérieur de la maison
- A contrario, la maison CNERIB a été sanctionnée pour les éléments suivants :
 - Absence d'attention sur le traitement des eaux de pluies pour une éventuelle réutilisation
 - La réduction de la consommation d'eau potable : installer des appareils à faible consommation et utiliser d'autres sources d'eau
 - Le monitoring de l'efficacité des consommations d'eau :

3.2.4.1.8 La qualité de l'air

Cette thématique a pour objectif l'amélioration de la qualité de l'air, et assurer l'efficacité des renouvellements d'air et la concentration en polluants dans bâtiment. Ses préoccupations sont

- L'amélioration de la ventilation : en augmentant le niveau de ventilation du bâtiment, et l'utilisation d'un récupérateur de chaleur
- La gestion de la contamination présente dans l'air

Cette thématique est composée de trois sous critère avec un total de 10 points est mis en jeux, la maison CNERIB en a validé 4 :

- Les principaux éléments positifs qui ont permis à la maison la CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :
 - Bonne qualité de ventilation et respect des normes pour la conception et la réalisation de celle-ci.
- A contrario, la maison CNERIB a été sanctionnée pour les éléments suivants :
 - Pas de simulation aéraulique réalisée.
 - Manque d'information sur certains aspects.

3.2.4.1.9 Confort thermique

L'objectif de cette thématique est de garantir le confort thermique des utilisateurs, Les préoccupations de la cible sont :

- La mise en place en priorités de la mesure passive
- Assurer une bonne isolation thermique

Cette thématique est composée de deux sous critère avec un total de 2 points est mis en jeux, la maison CNERIB en obtenu la totalité

Ce score se justifie par l'intégration du concept de l'architecte bioclimatique qui ne se traduit pas un bon zoning des espaces intérieur et leur orientation selon leur besoin en chauffage, une bonne isolation thermique par des espaces tampon et l'usage de la terre stabilisée caractérisé par excellente inertie thermique et des protections solaires

3.2.4.1.10 Confort visuel :

L'objectif de la cible est d'assurer une qualité d'éclairage suffisante, préférentiellement naturelle. Elle a pour préoccupation :

- L'accès à la lumière naturelle et aux vues :
- Réduction de la consommation d'éclairage électrique et augmenter l'accès à l'éclairage naturel et aux vues pour les usagers .

Cette thématique est composée de trois sous critères, la maison CNERIB a obtenu un score total de 5 points.

Ce score de justifie par :

- Accès aux vues et à la lumière naturelle pour presque toute les pieces de la maison par des dimensions importantes des ouvertures selon leur orientation en assurant une protection de l'éblouissement par des protections solaires
- Mise en place d'un système d'éclairage artificiel ajustable

3.2.4.1.11 Confort acoustique :

L'objectif de la cible est le maintien du contact auditif avec le voisinage sans que les activités des usagers ne soient perturbées.

Cette thématique est composée de deux sous critère et un total de 3 point est mis en jeux, la maison la CNERIB en a validé1

- Les principaux éléments positifs qui ont permis à la maison CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :
 - Choix de partitionnements internes respectant les critères d'isolation acoustique
- A contrario, la maison CNERIB a été sanctionnée pour les éléments suivants :
 - Absence de dispositions architecturales, volumétriques ou formelles permettant l'amélioration des conditions acoustiques intérieures.

3.2.4.1.12 Confort olfactif :

Les préoccupations ces thématiques sont :

- L'action sur la ventilation et les sources d'odeur internes
- Le recours aux solutions passives minimisant les effets des sources d'odeur extérieures.
- Localisation des locaux à risque sur le plan olfactif et traitement individualisé de la ventilation au sein de ceux-ci

Elle est composée de deux sous critères avec un total de crédit de 2, la maison CNERIB en a validé 1

- Les principaux éléments positifs qui ont permis à la maison CNERIB d'atteindre ce niveau de performance sont :
 - La ventilation des pièces représentant une source de nuisance sonore
- A contrario, la maison CNERIB a été sanctionnée pour les éléments suivants :
 - Manque d'information sur certain aspect

Les éléments suivant peuvent expliquer que la maison CNERIB n'ait pas obtenu un meilleur résultat :

- la maison n'a pas été conçue pour répondre aux exigences de la certification. Puisque la certification n'a pas constitué un objectif, les concepteurs n'ont pas spontanément intégré certains éléments qui auraient pu leur apporter des points.
- L'absence de certaines données : lorsque des données nécessaires à l'évaluation n'étaient pas disponibles.

Conclusion 3 :

Dans ce troisième chapitre nous avons essayé d'établir les exigences de notre méthode d'évaluation AASB à partir d'une combinaison de HQE, LEED BREEAM .LA un comparaison de ces dernière nous a semblé nécessaire, il ne s'agit pas dans ce cas d'une comparaison globale de ces méthodes mais uniquement d'une comparaison des indicateurs et leurs pondérations afin de pouvoir relever et définir les indicateurs qu'on adaptera au contexte Algérien.

La méthode ainsi créée propose une démarche claire et un système de notation simplifié ; elle comporte 12 critères regroupés dans trois champs d'évaluation.

L'application de cette méthode sur CNERIB permet de vérifier sa faisabilité mais le manque d'informations sur certains aspects réduit sa crédibilité.

CHAPITRE 4 :

Étude du comportement de la lumière naturelle dans les bibliothèques : un questionnement axé sur la qualité de l'éclairage (cas de la bibliothèque principale de Bejaia)

Introduction :

La répartition de la lumière naturelle dans un bâtiment joue un rôle très important et affecte directement le comportement de l'espace perforé, donc le choix de la stratégie d'éclairage naturel est très important ; Ce dernier doit être géré de manière à garantir aux usagers un confort visuel maximal et à réduire la consommation d'électricité. Ce confort affecte l'utilisateur à la fois sur le plan physiologique et psychologique, c'est pourquoi il occupe le centre d'intérêt des méthodes d'évaluation de la durabilité des bâtiments lorsqu'il est envisagé comme un critère pour la certification de la construction durable dans le cadre d'amélioration de la qualité de l'environnement lumineux en assurant un milieu de travail agréable pour ses utilisateurs, ainsi la consommation d'énergie dans le bâtiment sera donc minimisée.

En guise d'étudier quantitativement le système d'éclairage naturel dans une salle de lecture, le sujet de notre étude dans ce chapitre s'articulera autour de la lumière naturelle et le confort visuel, cette étude est menée en prenant comme référence les salles de lectures exposées au contexte climatique de la ville de Bejaia.

Afin d'étudier le comportement en question, la méthodologie adoptée dans cette démarche sera le résultat d'une combinaison de deux méthodes d'investigation et d'analyse : la première à travers une méthode empirique par la réalisation des mesures in situ et la deuxième par simulation numérique basée sur un outil de modélisation permettant la validation des résultats obtenus dans la première méthode et l'optimisation du comportement lumineux de ce corpus d'étude.

la seconde partie du chapitre sera consacrée à une étude numérique par le biais d'une simulation de l'échantillon d'étude de la bibliothèque principale de Bejaia; les objectifs qui nous sont assignés consistent à l'étude du confort visuel de la salle de lecture pendant plusieurs périodes de la journée et vérification des résultats de la première méthode (empirique) pour deuxième objectif; pour ce fait le déroulement de cette démarche s'effectuera à travers plusieurs étapes :

En premier lieu on présentera le logiciel utilisé et la méthode empruntée, dans ce qui va suivre, le chapitre traitera les démarches suivies au cours de cette étude et le protocole utilisé, à la fin on essayera d'apporter des éléments d'amélioration du confort visuel dans cette zone d'étude à travers quelques recommandations qui vont elle-même être vérifiées à travers une deuxième simulation.

4.1 Première partie : étude empirique et évaluation de la qualité d'éclairage de la salle de lecture :

Dans cette première partie du présent chapitre, une attention sera accordée principalement à l'étude de l'environnement lumineux d'une salle de lecture, à travers une méthode qui se déroulera majoritairement sur terrain.

Nous commençons par la récolte des données in-situ qui seront ensuite traduites en un rendu chromatique objet d'une carte d'éclairage, afin de pouvoir analyser cet environnement en question et de pouvoir juger et lui épingler son comportement qui nous servira par la suite d'un témoignage pour la validation ou l'optimisation des résultats obtenus .

4.1.1 Critère de choix de l'objet d'étude :

Dans le cadre de réalisation du projet de fin d'études " Bibliothèque publique", où la présence d'une bonne qualité de lumière est un fond primordial pour une conception réussie.

Nous avons jugé indispensable d'étudier cet aspect dans " les salles de lecture ", étant la section la plus importante dans ce type de projet, ce choix a été incité par les conditions de la nécessité d'un confort lumineux au sein de ces espaces qui exigent un niveau d'éclairage efficace.

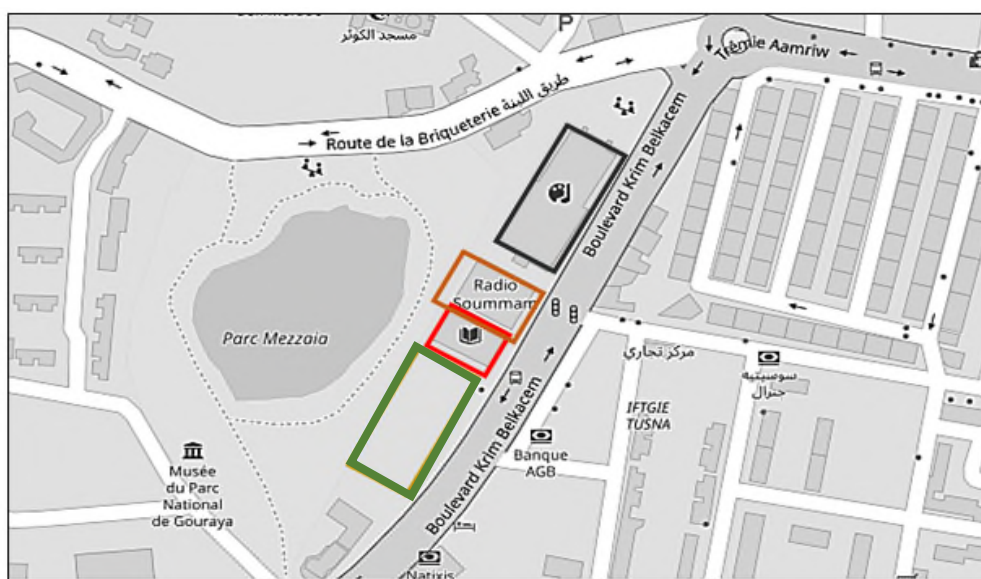
Dans cette optique, et du point de vue de son caractère fonctionnel, en étant le seul équipement qui abrite cette fonction dans le cadre géographique qui nous est posé ,le choix s'est porté sur la bibliothèque principale de Bejaïa, en tenant compte de son importance dans la ville de Bejaïa et sa forte capacité d'accueil .

4.1.2 Présentation du cas d'étude :

Notre cas d'étude s'agit de la bibliothèque publique sise à la ville de Bejaia baptisée « *La bibliothèque principale de la lecture publique- Tahar Iamrouchene- Bejaia* », nous allons décortiquer les principaux paramètres à prendre en compte afin de réaliser l'objectif qui nous est assigné.

4.1.2.1 Situation :

La Bibliothèque principale de Bejaïa est située à l'est de la commune de Bejaia, implanté dans le quartier d'Aamriw ; alignée sur le boulevard Krim Belkacem.



Légende :


- | | |
|--|--|
|  Parc de loisirs |  Maison de la culture |
|  La bibliothèque principale |  Radio Soummam |

Figure 4.1 : situation géographique de la bibliothèque (source : www.sunearthtools.com)

La figure ci-dessus, nous montre les différents projets qui ceinturent le projet : Au nord se trouve la radio Soummam et la maison de la culture, à l'est le boulevard Krim Belkacem, à l'ouest se trouve le lac Mezaia et au sud le parc d'attraction.

4.1.2.2 Orientation et ensoleillement :

Le bâtiment est orienté vers le sud-est suivant l'axe de la voie principale, inscrit dans un site urbain éclaté, ce qui augmente les surfaces extérieures du bâtiment exposées aux rayons solaires. Les figures ci-dessous nous montrent l'implantation du projet Par rapport à son site, avec la course du soleil durant les deux extrêmes périodes de l'année.



Figure 4.2 : course du soleil en été ;(source : www.sunearthtools.com ,2021).



Figure 4.3 : course du soleil en hiver ;(source : www.sunearthtools.com ,2021).

- **En été** : D'après la carte d'ensoleillement générée par : www.sunearthtools.com , (date : juin 2021) on remarque que le soleil se lève à 5h du matin et se couche à 20h tout en assurant une bonne quantité d'ensoleillement sur l'ensemble du projet, on indique la période de 10h à 15h soit la période la plus chaude de la journée vu les courtes distances des rayons solaires et leur intensité pendant cette période. **(Fig.02)**.
- **En hiver** : d'après la carte d'ensoleillement générée en période de mi- saison, le soleil se lève à 6h30 et se couche à 17h, traçant une course moins longue et l'angle du rayonnement solaire rétrécit, permettant ainsi de dire que les façades sud-est et sud-ouest profitent d'une exposition moyenne à la lumière du jour. (fig.03).

4.1.3 Description de la bibliothèque principale de BEJAIA :

Le projet est l'une des œuvres dépendantes de la direction de la culture, et fait l'objet d'une unicité dont dispose la ville de Bejaia, la figure ci-dessous nous montre les principales informations le concernant.



- **Date de réalisation :** 2015
- **Architecte :** bureau NOVATEUR
- **Surface du terrain :** 2018 m²
- **Emprise au sol** 1085 m²
- **Total bibliothèques :** 3812 m²

Figure 4.4 : fiche technique de la bibliothèque (source : auteurs, 2021)

4.1.3.1 Organigramme spatial :

La bibliothèque principale se déploie sur 4 niveau avec un sous-sol réservé au parking, on trouve au RDC l'accueil, la salle d'exposition et la section réservée à l'enfant et le périodique, et des bureaux administratifs allant du RDC jusqu'au dernier niveau.



Figure 4.5: organisation spatiale bibliothèque,(source :auteures,2021).

Au niveau du 1^{er} étage se trouve la salle de conférence, la banque de prêt et la salle de lecture, au deuxième étage on trouve la médiathèque, deux salles de lecture avec un magasin de prêt. Le dernier étage est une reproduction de l'étage inférieur en remplaçant la deuxième partie de l'ensemble du plan par une terrasse accessible.

4.1.3.2 Choix de l'échantillon :

A l'égard des objectifs assignés dans ce chapitre, et en raison de ses qualités par rapport à son orientation, l'emploi des ouvertures sur toutes ses façades, l'absence des masques solaires, la salle de lecture que nous avons sélectionnée sujette à l'étude se trouve sur le dernier étage de la bibliothèque, qui est réservée à la lecture individuelle.

4.1.3.3 Présentation de l'échantillon d'étude :

Dans la partie qui suit, nous allons du corpus d'étude selon sa spécificité, sa fonction, ses caractéristiques géométriques, et l'impact de ses composantes (types d'ouvertures, textures des parois...) sur la qualité et la quantité d'éclairage naturel (types d'ouvertures, textures des parois...).

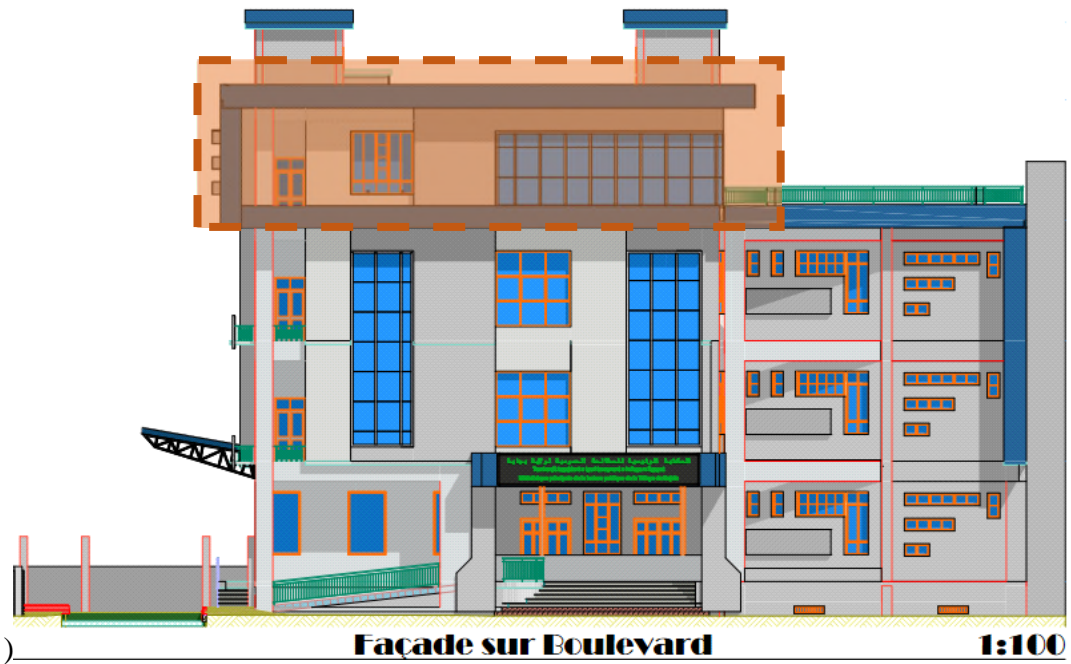


Figure 4.6 : emplacement de la salle de lecture. (Source : Auteurs, 2021).

Forme et géométrie : La salle de lecture est situé au 3^{ème} étage sur le côté sud-est de la bibliothèque et séparé du reste du bâtiment par un atrium.

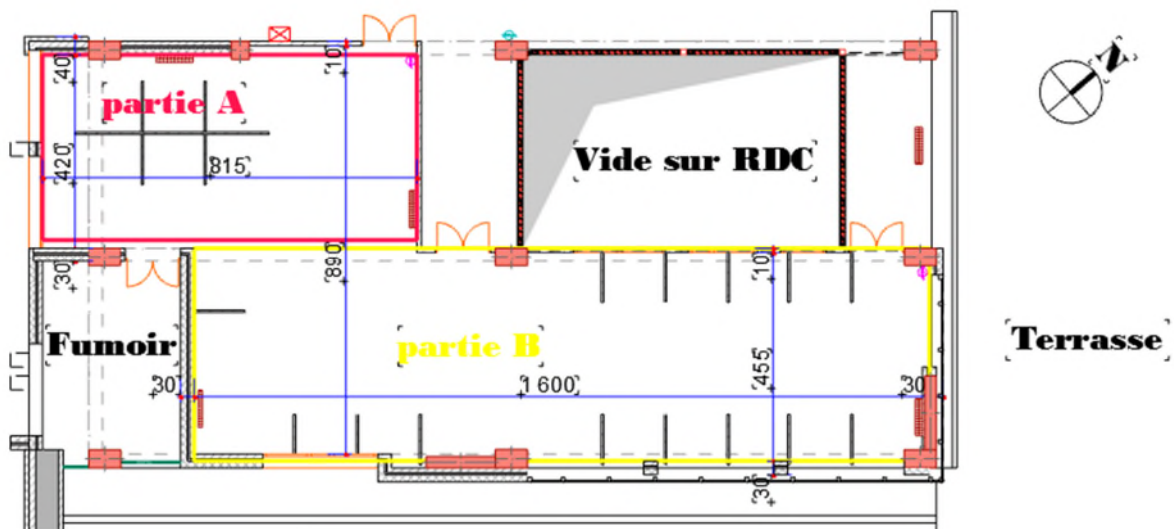


Figure 4.7 : plan de la salle de lecture (Source : Auteurs, 2021).

La salle Est d'une forme régulière et se développe en deux parties, ses caractéristiques géométriques sont présentées dans le tableau ci-dessous

Tableau 4.1 : caractéristiques géométriques de l'objet d'étude, (source : auteures, 2021)

Caractéristique	Valeurs	
	Partie A	Partie B
Surface (m ²)	36.25	67, 70
hauteur sous plafond (m)	3,85	3,85
Surface vitré (m ²)	5	46,85
Dimensions	8.15 * 4.20	4.55*16

D'après le tableau des caractéristiques ci-dessus on remarque que la partie A comporte un rapport faible entre le plein et le vide où seulement 13 % de la façade qui est ouverte tandis que 69% de la partie B sont réservés aux ouvertures.

4.1.3.4 Dispositifs de l'éclairage naturel de la salle de lecture :

La partie A : étant la partie qui dispose du moins d'ouvertures, ses ouvertures sont de type :

- Baies vitrées (50×200 cm) sur la façade sud-ouest de la salle,

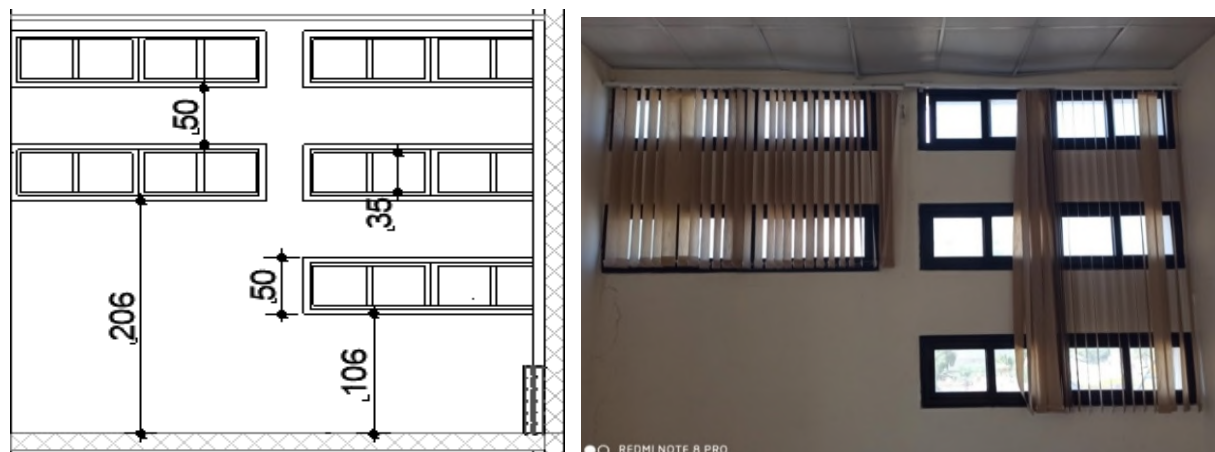


Figure 4.8 : vue et coupe sur les baies vitrées de la façade sud-ouest. (Source : Auteures, 2021).

- une porte intérieure simple en bois et une porte fenêtre vitrée donnant sur le fumoir.



Figure 4.9 : vues intérieure sur les portes de la salle,(source:auteurs,2021).

- La partie B est celle qui dispose de plus d'ouvertures que la partie A en raison de sa paroi extérieure qui constitue la façade principale, les différentes ouvertures de celles-ci sont illustrées ci-dessous
- des murs rideaux occupant presque toute la longueur de la façade sud-est et la façade nord-est (fig.09).



Figure 4.10: vue intérieure sur le mur rideau (source : auteurs, 2021).

- Des fenêtres en bois à vantaux, avec ouvrant à la françaises assurent l'éclairage de la salle à partir de l'atrium se trouvant du côté nord – ouest de la salle. (**fig.09**)



Figure 4.11 : vue intérieure sur les fenêtres en bois,(source: auteures,2021).

- Eclairage zénithal assuré par la verrière de l'atrium.



Figure 4.12: vue sur l'atrium, (source : auteures, 2021).

- Les parois de la salle de lecture sont peintes avec du vinyle d'une couleur jaunâtre
- un faux plafond en PVC de couleur blanche.
- le revêtement du sol est en carrelage brillant d'une couleur jaunâtre
- des stores vénitiens verticaux de couleur beige.
- Le type de verre employé est le vitrage simple coloré bleu

Le cas d'étude va nous démontrer la qualité du confort visuel dans les salles de lectures, à cet effet on retient les différentes étapes pouvant nous guider dans la réalisation de notre objectif.

4.2 Choix de la méthode d'investigation :

Afin de répondre à l'objectif de notre étude « l'optimisation de la qualité d'éclairage naturel dans les salles de lecture » et en tentant de comprendre l'impact de certains choix de conception

architecturale sur l'éclairage nous avons eu recours dans un premier temps à la méthode empirique comme méthode d'évaluation afin de révéler la qualité d'éclairage existante dans la salle de lecture dans les conditions réelles en excluant totalement les apports de l'éclairage électriques.

L'évaluation permet de relever les point forts et faiblesses tels qu'ils sont perçus par les usagers afin d'intervenir là-dessus pour améliorer la qualité du confort visuel dans un cadre d'une minimisation de la consommation énergétique.

4.2.1.1 Protocole et instruments de prise de mesure :

Les prises de mesures sont effectuées dans la salle de lecture de la bibliothèque occupée et utilisée pendant toute la journée.

- La mesure de l'éclairage a été réalisée suivant un quadrillage appelé « grille de mesure » qui consiste à un certain nombre de point de mesure selon les dimensions et les caractéristiques de la salle lecture et ce pour des plan situé à une hauteur 75 Cm
- Le choix du point de mesure à l'intérieur de la salle de lecture obéit à une grille tracé selon les mesures suivantes :
- 1m20 entre chaque point par rapport au sens transversal.
- 1m20 entre chaque point par rapport au sens longitudinal.
- 80 point de mesure sont défini selon la grille.
- 2 grilles générées à la forme géométrique de la pièce.

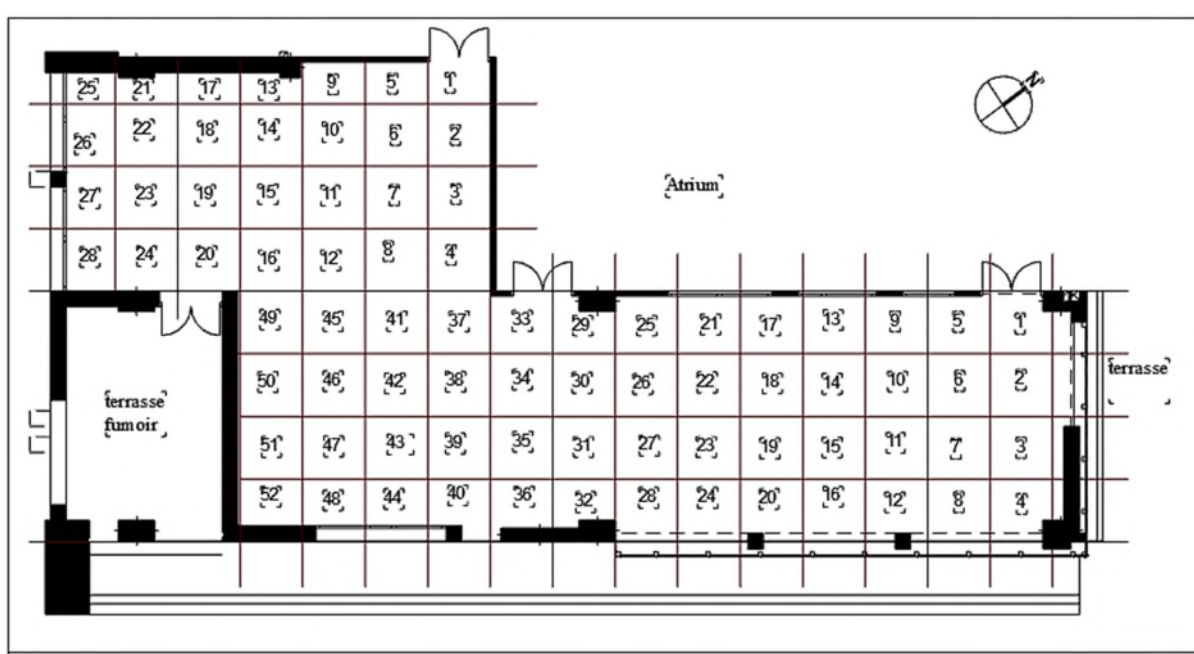


Figure 4.13: grille de mesure, (source : auteures, 2021).

- Les mesures d'éclairement lumineux ont été prise in situ en une seule journée, le 08 juin 2021 Les mesures ont été effectué à travers trois périodes de la journée : Matin (9h) midi

et après-midi (16h) afin d'examiner le changement journalier de la lumière naturelle sous les conditions suivantes.

- Sous un ciel clair et complètement dégagé
- Les fenêtres fermés et sans stores
- Eclairage artificiel exclu
- Absence de masques solaires et de végétation.
- Sans rideaux.

afin d'atteindre l'objectif qui nous est assigné dans la salle de lecture, nous avons effectué les mesures in situ grâce à une application sur téléphone portable nommée « Light meter ».

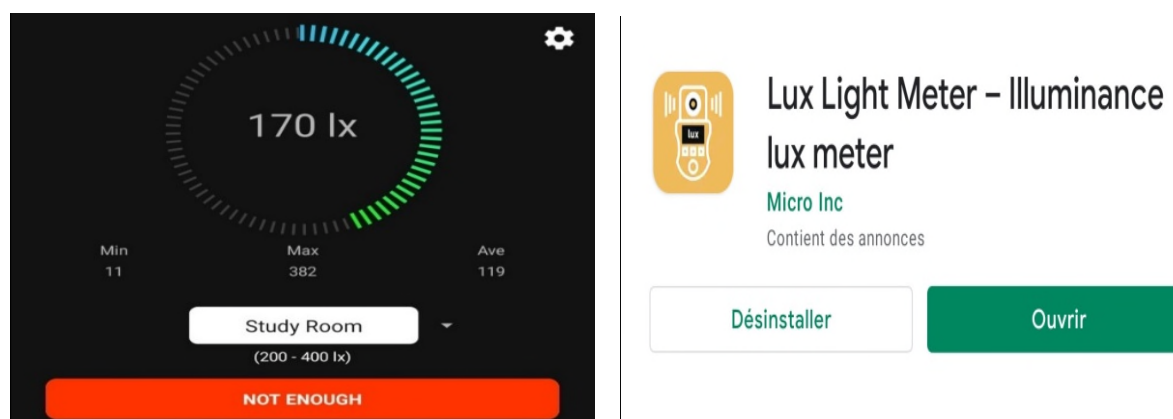


Figure 4.14 : application light mètre. (Source : Auteures, 2021).

Light Meter est une application mobile de luxmètre pour mesurer l'intensité lumineuse à l'aide d'un capteur de proximité. L'application utilise le capteur de lumière de l'appareil pour déterminer l'intensité de la lumière et l'afficher sur un luxmètre. A noter que La qualité de la précision dépend de la qualité du capteur de lumière du téléphone utilisé, et cette application est compatible avec tout appareil disposant de capteurs.

4.2.1.2 Résultats et interprétations :

En s'inscrivant dans l'intention de faciliter l'étude et la compréhension des résultats sur le terrain, nous avons mis en place une stratégie qui consiste en premier temps à présenter les valeurs (**voir annexe.2**) obtenues sur plan pour ensuite les interpréter dans les termes de normes d'éclairage naturel.

Sur la base de la grille d'évaluation, les valeurs obtenues lors des prises de mesures ont été classées par ordre croissant, ces valeurs sont ensuite insérées dans le plan à l'aide d'un langage colorimétrique, chaque carré étant pris par une couleur, que chaque couleur représentant une valeur. À noter que les couleurs ont suivi une logique qui traduit la valeur la plus basse en la couleur la plus foncée.

Certifications et normes :

La notion de confort visuel est prise en compte dans les différents référentiels de certification environnementale, mais les méthodes HQE, BREEAM ou LEED utilisent chacune leurs propres méthodes spécifiques pour évaluer l'éclairage naturel des locaux, les niveaux d'éclairage imposés par les référentiels sont désignées dans le tableau ci-dessus :

Tableau 4.1: les normes d'éclairage dans les batiments tertiaires selon les methodes d'evaluation.(source:ICEB,2014).

référentiel	HQE	LEED	BREEAM
Niveau d'éclairage imposé	Niveau moyen arrêté à 300 lux, allant jusqu'à 750 lux selon le facteur du vieillissement.	Niveau d'éclairage Minimum est arrêté à 300 lux	Le seuil varie entre 100 et 3000 lux en fonction du niveau de performance visé (1 point si 75% des espaces et 2 points si 90% des espaces)

D'après les informations acquises sur les différentes normes de l'éclairage dans les bâtiments tertiaires, on retient une moyenne de 500 lux définissant la zone du confort visuel.

Résultats de la première période : les résultats obtenus représentés sur le plan ci-dessous :

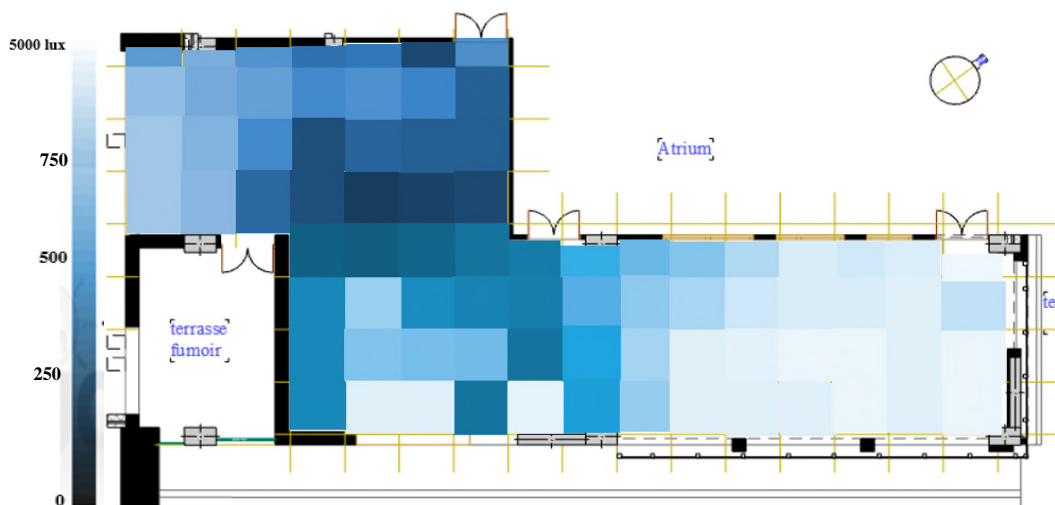


Figure 4.15 : carte d'éclairage enregistré à 9h (source : auteures, 2021).

Nous avons constaté une carence en pénétration des rayons solaires sur les lieux, particulièrement dans la partie nord de la salle, le rendu de couleur traduit le niveau d'éclairage variant entre 70 et 170 lux (en dessous de la norme) qui divise la section en deux zones :

- la zone sombre avec des valeurs variant entre 69 et 99 Lux, cette zone occupe presque la moitié de la partie et se trouve à proximité de la paroi ouest.
- la deuxième zone est celle qui est peu éclairée avec des valeurs qui varient entre 152 et 170 Lux. Représentée avec des couleurs Plus ou moins claires. À noter que le minimum niveau d'éclairage de cette section est résultant de la transmission de parois de la salle par leur couleur, étant claire, et qui a une réflexion lumineuse allant jusqu'à 0,80.

Cette partie de la pièce est en retrait de la façade principale, qui reçoit la plus grande quantité de lumière naturelle, de plus, les fenêtres utilisées sont des fenêtres en bandeaux horizontales placés à une hauteur équivalente à deux fois plus la profondeur de la salle,

En contrepartie on a le fumoir qui est en contact direct avec la zone, qui lui-même par sa position d'angle, et ses dimensions présente un masque et obstacle empêchant la pénétration du rayonnement total direct, ces paramètres expliquent et justifient le faible d'éclairage reçu dans cette section.

Quant à la deuxième partie on remarque un déploiement de la lumière sur toute la profondeur cette lumière transmise à travers le mur rideau de la façade sud formant des taches solaires qui produisent une gêne visuelle par la présence d'un rapport important d'éblouissement avec éclairage lumineux qui varient entre 1000 et 5000 lux (en dessus du seuil du confort).

Cette partie étant dévoilée par son contact direct avec l'extérieur à travers son importante surface vitrée : un mur rideau s'allongeant sur toute la longueur.

Le rendu de couleur obtenu divise la section en deux zones ; une zone immergée dans un éblouissement par où les valeurs varient entre 900 et 1500 lux, en raison de leur situation à proximité des ouvertures, en d'autres termes, bordée de part et d'autres par les murs rideaux qui laissent pénétrer la lumière sur les façades sud-est et nord-est ; les fenêtres à vantaux transmettant l'éclairage provenant de la verrière de l'atrium.

L'autre partie qui est marqué par un contraste de couleur plus ou moins élevé sous la raison de type d'ouverture utilisé, n'étant pas un mur rideau, ayant des dimensions moins importantes que celui-ci, la lumière est donc disponible en appoint à proximité de la fenêtre étant une zone intermédiaire de la contrainte de forme de la salle de lecture, cet espace reçoit une faible quantité de lumière naturelle après la partie supérieure.

Resultats de la deuxieme periode : les resultats des prises de mesures à 12h sont représentés sur le plan ci-dessous.

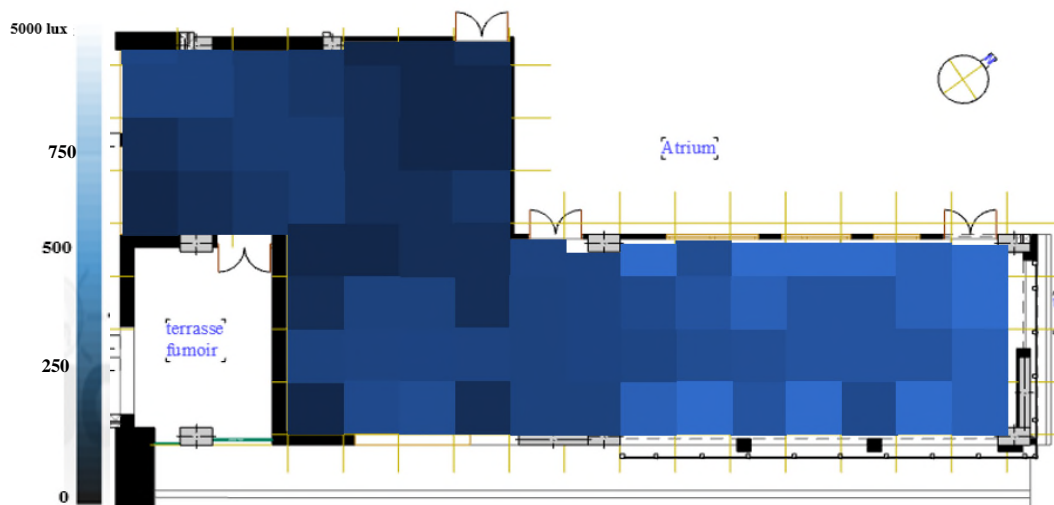


Figure 4.16 : la carte d'éclairage enregistré à 12h (source: auteures,2021).

Nous avons observé sur les lieux un environnement visuel peu satisfaisant ; n'étant pas exposée au soleil à cette heure de la journée, partie de la pièce est dépourvue des rayons solaires et parce qu'elle n'avait pas d'orientations défavorables, cette partie de la pièce semblait être renfermée. Le rendu des couleurs reflète des niveaux de lumière compris entre 70 et 100 lux (inférieurs à la norme) tel indiqué sur la carte d'éclairage de la figure ci-dessus , le niveau d'éclairage est insuffisant dans cette partie, les valeurs sont inférieures à la norme et les effets visuels environnants sont inconfortables

D'après le rendu chromatique, on constate que les zones qui sont à proximité ou peu éloignées des parois vitrées sont celles qui reçoivent un certain niveau d'éclairage tout en restant faible, mais contrastent avec la partie opposée de la section qui est la plus sombre et qui est dépourvue de la lumière naturelle de l'atrium due à l'existence d'un mur qui apparaît comme une obstruction visuelle.

Dans la partie sud de la salle, la pénétration des rayons du soleil diminue avec la disparition de l'éblouissement et des taches solaires, des valeurs qui varient entre 300 et 400 lux, divisant la partie de la pièce en deux zones :

Un niveau moyen qui s'étend sur toute la profondeur de la zone dominée par la diffusion de la lumière de l'atrium à travers les fenêtres à vantaux, qui se caractérisent par leur simple vitrage transparent, qui permet une transmission directe du rayonnement, ces valeurs enregistrées font partie de la plage de confort en raison de leur intervalle régulier par rapport aux normes.

La deuxième zone est celle qui est délimitée par l'axe de la pièce du côté ouest, dans laquelle se trouve le fumeur. Cette zone est démarquée par des couleurs plus ou moins sombres qui montrent des valeurs inférieures à la moyenne, des valeurs comprises entre 80 et 300 lux,

expliquées par la distance à la source lumineuse. En se dirigeant vers le côté nord de la salle, le niveau d'éclairage diminue progressivement avec des valeurs classées en dessous du seuil du confort avec des valeurs qui varient entre 101 et 285 lux.

Résultats de la 3eme période :

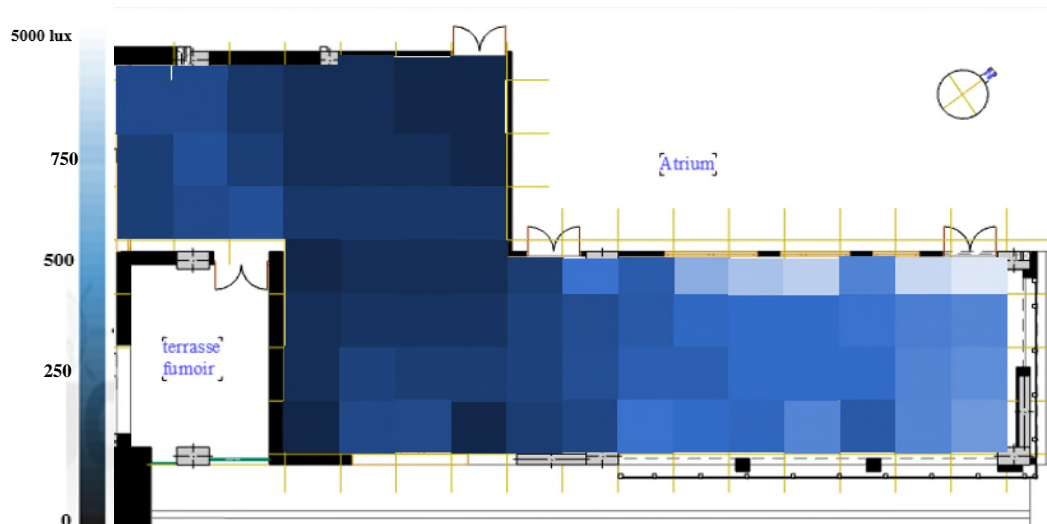


Figure 4.17 : la carte d'éclairage à 16h (source : auteures, 2021).

- Dans cette partie de la journée, on a remarqué un contraste élevé en termes de répartition de la lumière reçue sur la salle de lecture, cette différence entraînant la séparation de la salle suivant sa géométrie et la quantité totale d'éclairage reçu : la partie qui est en retrait de la façade principale présente une distribution déhiérarchisée de lumière.

L'éclairage reçu dans cette partie est variable entre 70 et 140 lux ou les valeurs minimales comme indiquées sur la carte d'éclairage s'éparpillent sur l'extrémité est de la partie nord-est de la section, et les valeurs maximales sont celles représentées par des couleurs plus claires et occupent la zone ouest de la partie ;

L'éclairage reçu augmente progressivement en se dirigeant à proximité des fenêtres de la paroi ouest, ou se trouve l'accès vers le fumoir que ce dernier permet une entrance partielle en termes de lumière.

on note que la paroi extérieure de cette section de la salle est exclue de l'angle de rayonnement solaire diffusé comme effet pour le faible éclairage, en d'autres termes la seule paroi exposée à l'extérieur et au rayonnement de la journée pouvant éclairer cette partie de la salle, dispose de fenêtres à dimensions très peu importantes qui par ce fait, empêchent la pénétration de la lumière désirée.

- Dans la deuxième partie de la salle, celle qui comprend la façade principale, on remarque la pénétration des rayons solaires à travers les fenêtres donnant sur l'atrium en raison de la situation de cette partie dans l'angle de rayonnement solaire, de plus le manque d'obstacles pouvant empêcher la transmission de la lumière du jour.

L'éclairage est reparti à travers des valeurs plus ou moins maximales variant entre 1000 et 1700 lux en appoint de cette paroi et sur le long de la surface vitrée ; ces valeurs diminuent tout en éloignant vers le reste de la profondeur de cette partie enregistrant des valeurs plus ou moins moyennes variant entre 150 et 1000lux. Un éclairage naturel homogène situé dans le seuil du confort a été enregistré sur la partie centrale de cette zone.

La seconde zone de la salle est celle qui se trouve en dessous de la partie nordique ,en contact avec le fumoir ;celles-ci est dépourvue d'apport en lumière naturelle en raison de son éloignement des ouvertures ,ces dernières étant pas suffisamment espacées pour pouvoir alimenter l'ensemble de la salle entraînant ainsi un effort visuel et des contrastes entre les différentes zones et parties cités supra, on note que les valeurs dans cette dernière zone sont situées entre 70 et 140 lux.

Après l'assemblage des acquis durant interprétations des différents résultats des 3 périodes étudiées, sommes arrivées aux suivantes :

Un éclairage non uniforme distribué sur l'ensemble de la pièce et tout au long de la journée, étant la première condition d'un confort visuel celle-ci n'est donc pas respectée, la présence de l'éblouissement dans la première partie de la journée qui a envahi quasiment toute la profondeur de la salle, les couleurs utilisées sont des couleurs claires qui s'insèrent dans l'ambiance à laquelle est dédié cet espace. À partir de ces constatations on pourra juger alors que par raison de l'absence des conditions d'un confort visuel, ce dernier n'est donc pas assuré dans notre salle de lecture.

4.3 Étude numérique en vue de l'optimisation de la qualité d'éclairage dans la salle de lecture :

Dans cette partie du chapitre nous procédons à une simulation paramétrique ayant comme première intention l'étude du comportement lumineux de notre échantillon d'étude et ce par le biais d'un modèle réel qui sera réalisé puis étudié sur un logiciel de simulation, permettant d'atteindre notre premier objectif concernant la vérification de la justesse de ce modèle.

Ensuite nous allons détecter les problèmes existants afin de pouvoir entamer notre seconde intention qui se porte principalement sur une amélioration du cadre visuel de la salle de lecture de la bibliothèque principale.

4.3.1 Présentation du logiciel de simulation :

Afin de valider le modèle numérique de la salle de lecture étudié nous avons eu recours à une simulation numérique à l'aide du logiciel « Archiwizard », ce dernier sert à déterminer la pertinence et la performance des choix architecturaux et techniques d'un bâtiment, et ce, sur plusieurs aspects tels résumés dans la figure ci-dessous. (Fig.18).

,

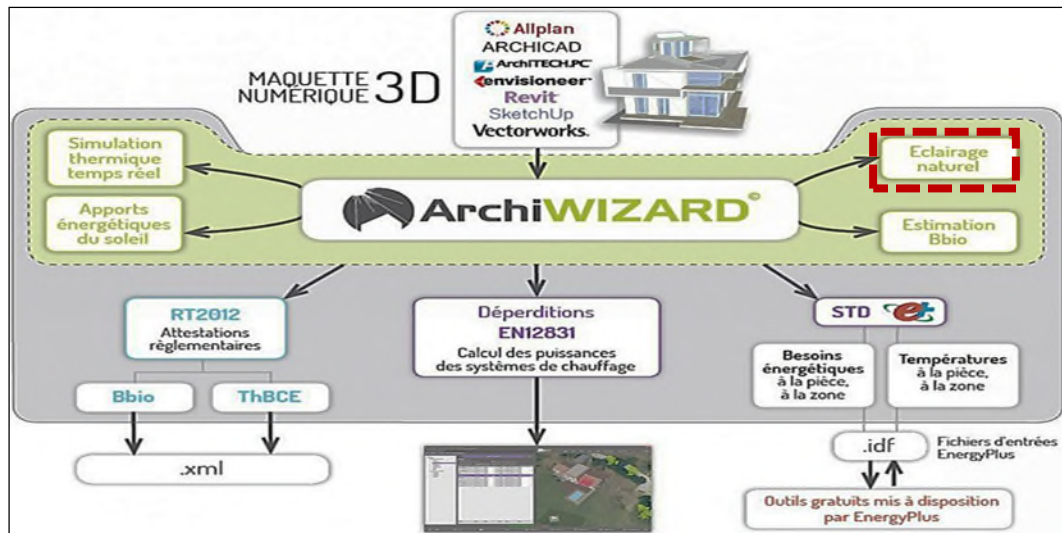


Figure 4.18: schéma représentatif paramètre d'étude du logiciel Archiwizard (source : www.Graitec.com, 2021).

Primo, nous avons représenté en schéma les différentes questions traitées par le logiciel de simulation choisi, secundo on procèdera dans ce qui suit à la description de la méthode de simulation :

1. Elaboration du modèle 3D à l'étude sous un logiciel de modélisation (Archicad).

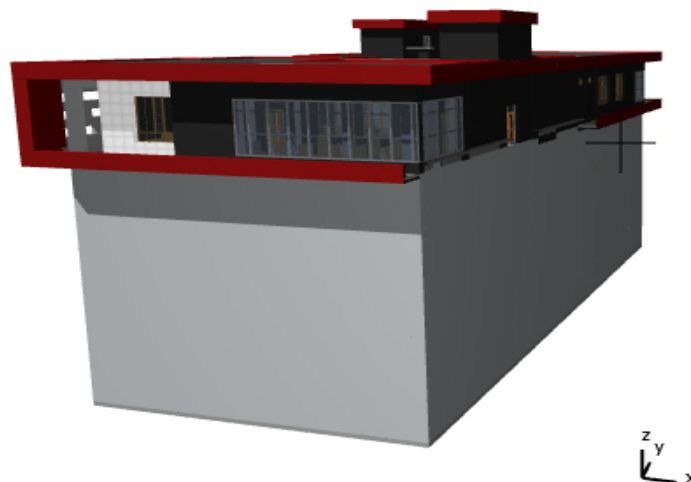


Figure 4.19 : volumétrie de la salle de lecture sous Archicad (source : auteurs, 2021).

2. insertion du fichier climatique de la ville :

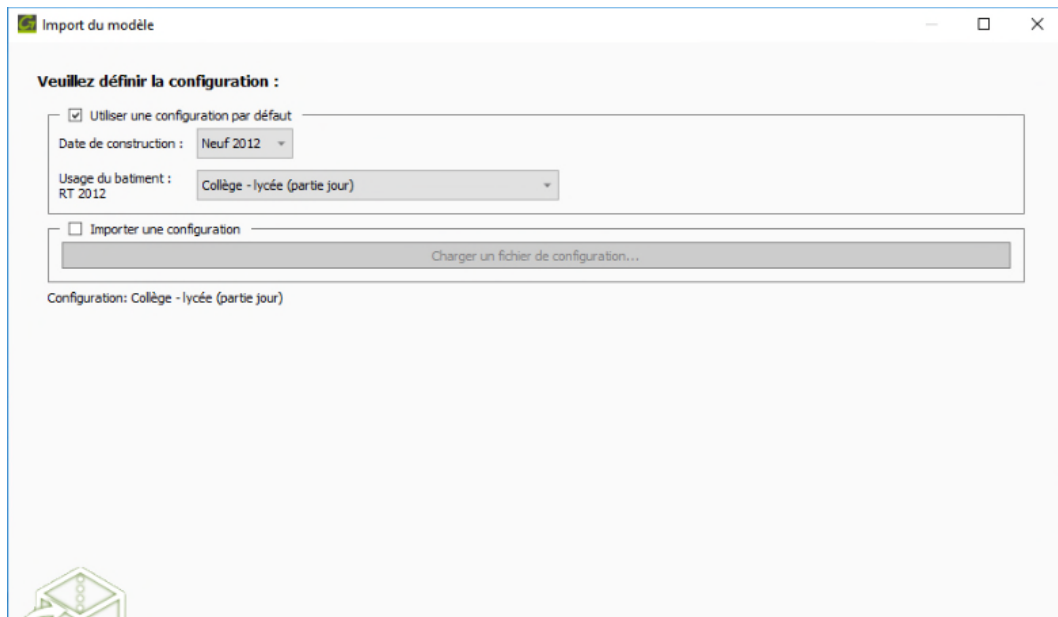


Figure 4.20 : paramétrage de configuration du logiciel (source : auteures, 2021).

Après avoir importé le modèle, nous chargerons le fichier climatique de la région, par conséquent la position du soleil, et préciser la date de construction et le type d'usage du modèle à simuler

3. Réglage de l'Orientation :

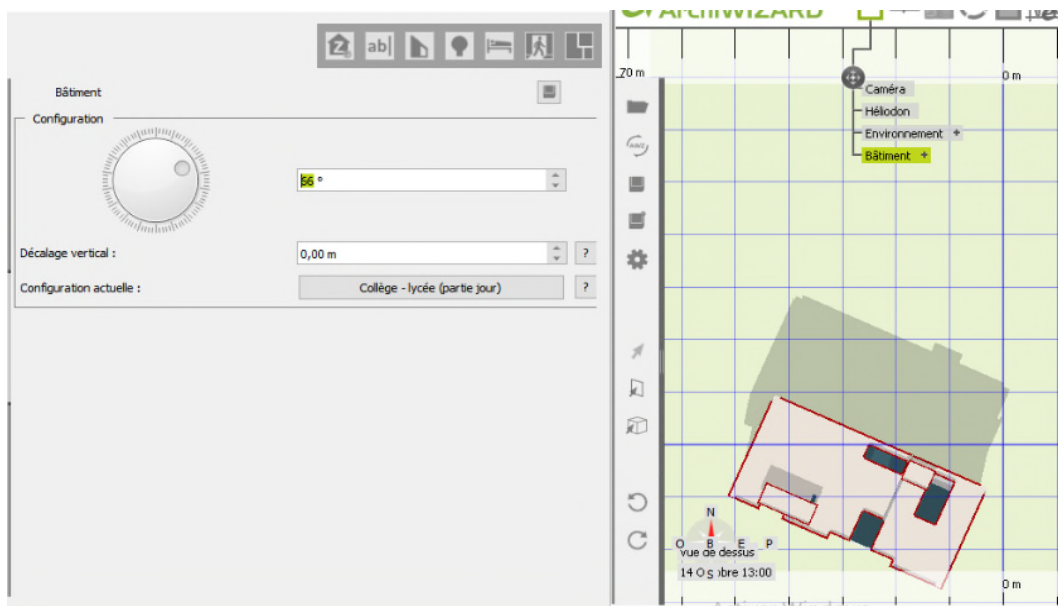


Figure 4.21: ajustement de l'orientation du modèle, (source : auteures, 2021)

Il est très important dans cette phase de déterminer l'orientation du projet d'étude, un paramètre qui influence vivement les résultats des simulations, l'utilisation de Google earth pro nous a aidé pour avoir l'orientation précise du projet.

4. élaboration des cartes d'éclairage :

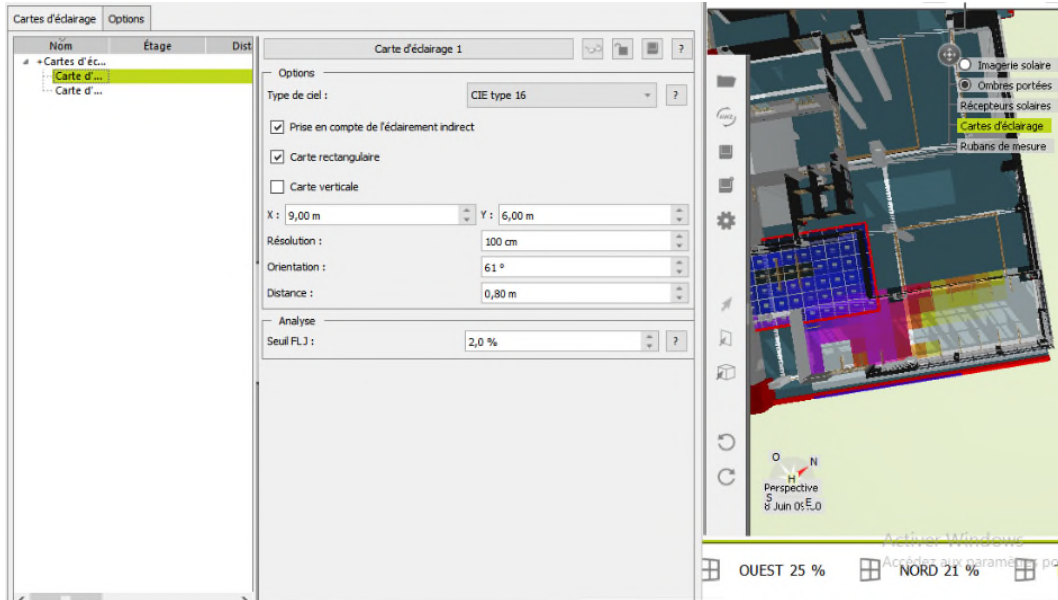


Figure 4.22 : insertion des cartes d'éclairages sur archiwizzard (source : auteures, 2021).

Insertion de deux cartes d'éclairage suivant la géométrie de la salle de lecture ,une grille horizontale a été utilisée à cet effet, avec un espacement de 1m, faite à 0.8m du sol, représentant la hauteur plan de travail et ce, dans le but de voir les fluctuations des niveaux de lumière naturelle à partir des ouvertures vers la face de plan de travail,

4.3.2 Analyse et interprétation des Résultats :

Après avoir inséré les cartes d'éclairage sur les plans de la salle de lecture, l'étude du comportement de cette dernière pendant 3 périodes de la journée du 8 juin 2021 nous ont donné les résultats suivants :

Presentation des resultat de la premiere periode : la carte d'eclairage generée à cette heure de la journée est illustrée dans la figure ci dessous

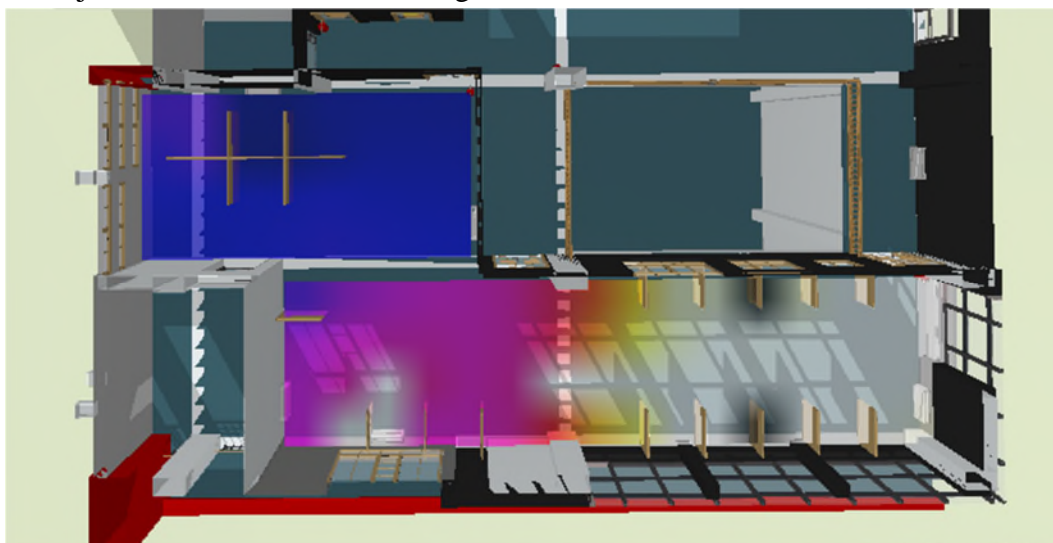


Figure 4.23 : carte d'éclairage enregistré à 9 h (source : auteures,2021).

On remarque un contraste considerable dans la quantité de lumière enregistré dans les deux parties où on remarque des taches solaires percent quasiment la totalité de la partie basse de la salle de lecture, et un faible éclairage couvrant la partie haute, divisant ainsi la carte d'éclairage en 3 zones distinctes. Zone marquée par un éblouissement, une zone à moyenne intensité et une zone mal éclairée.

Partie A : d'après l'échelle de l'éclairément et nuances des couleurs, la **figure ci-dessus** nous indique que la quantité de l'éclairément reçue dans cette zone varie entre 0-1500 Lux, un mauvais apport en lumière naturelle en raison de l'éloignement de cette zone et son décrochement par rapport au reste de la salle, et son retrait par rapport aux surfaces vitrés.

, les fenêtres utilisées dans cette zones sont de profondeurs importantes mais de largeurs rétrécies et positionnées à une certaine hauteur, cette position étant défavorable en terme d'apport en lumière naturelle et ce malgré la présence d'une porte fenêtre, mais à défaut de son orientation, les rayons solaires ne sont pas acquis durant cette période de la journée (9h) .D'un œil plus proche on distingue 2 zones dans cette partie :

- (Entre 500 et 1000 lux) une zone recevant une quantité d éclairément (près du fumoir)
- (entre 1000 et 1500) la zone en retrait reste plus sombre.

Partie B : Dans cette partie on remarque des quantités d'éclairément reçu différentes d'un point à un autre selon la position des fenêtres et leurs dimensions :

- 1 ère zone : (entre 4000 et 5000 lux) on enregistre un éblouissement auprès de la façade là où un mur rideau tisse toute la longueur de cette dernière et la présence d'une série de fenêtre en parallèle, cette zone est en confrontation directe avec la lumière, elle est positionnée entre deux sources de lumières différentes : le mur rideau et l'atrium générant une quantité importante de lumière à travers les fenêtres à vantaux.

- 2eme zone : l'éclairage varie entre 2500 et 4000, se justifie par sa situation juxtaposée aux fenêtres et portes de la salle, la diffusion et la réflexion des rayons solaires est importante, on constate un éclairage très élevé, ce qui cause un inconfort visuel
- 3eme zone : l'éclairage donné par le rapport varie entre 1500 et 2500 lux, ceci est dû à la distance optimale de la position des fenêtres par rapport à cette zone (fenêtre) et ce qui donne un effet visuel confortable non gênant vis-à-vis de l'utilisateur.

Présentation des résultats de la deuxième période : la carte d'éclairage générée à midi est représentée dans la figure ci-dessous

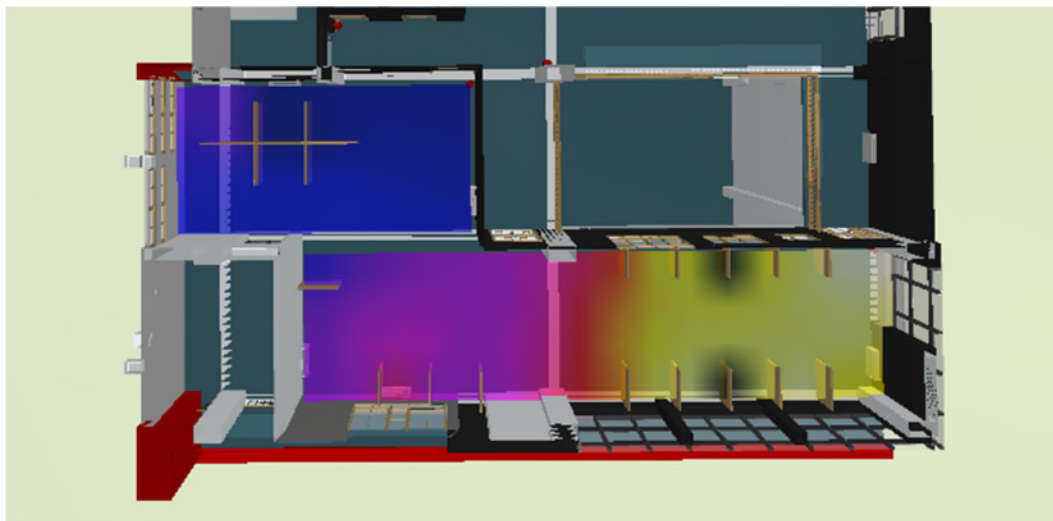


Figure 4.24 : carte d'éclairage obtenue à 12h (source : auteures, 2021).

Le rendu de couleur nous indique un contraste moins élevé que celui de la période de 9h, un contraste rythmé en matière d'éclairage, où on remarque la même quantité de lumière reçue dans la première partie, toujours insuffisante, mais aussi on remarque que la salle est divisée en 3 zones, une zone claire à faible contraste (éblouissement), une zone à éclairage moyen (partie intermédiaire) et une zone à faible éclairage

Partie A : les valeurs varient entre 0 et 1200 lux, ce sont des valeurs indiquant une faible quantité de lumière naturelle, un faible éclairage démarqué par l'insuffisance des ouvertures et l'orientation du bâtiment, on remarque une tache sombre au sein de cet espace dû à la présence de l'aménagement de la salle (tables et cloison de open space).

Partie B : on remarque que cette partie se décompose en plusieurs zones, marquées chacune par sa quantité d'éclairage on distingue :

- 1ere zone : entre 4000 et 5000 lux : une zone à éclairage très élevé causant un éblouissement dû à la présence des rayons solaires diffusés directement et réfléchis par les parois vitrées de la salle (mur rideaux fenêtres et atrium) .
- 2eme zone : elle est démarquée par le taux élevé de la lumière naturelle qu'elle reçoit et ces valeurs varient entre 2500 et 3500 lux, ceci est dû à la présence des fenêtres abritées par cette zone, évitant un éblouissement par l'intervention partielle des parois opaques.

- 3eme zone : valeurs entre 1500 et 2500 : cette partie de la salle présente des valeurs moyennes, les rendus de couleurs nous montrent d'une première vue que cette partie est la partie disposant le mieux d'un éclairage uniforme et bon, ce qui nous permet d'insérer la zone , une plage de confort.

Résultats de la troisième période : la carte d'éclairage générée à 16 h est illustrée dans la figure ci-dessous

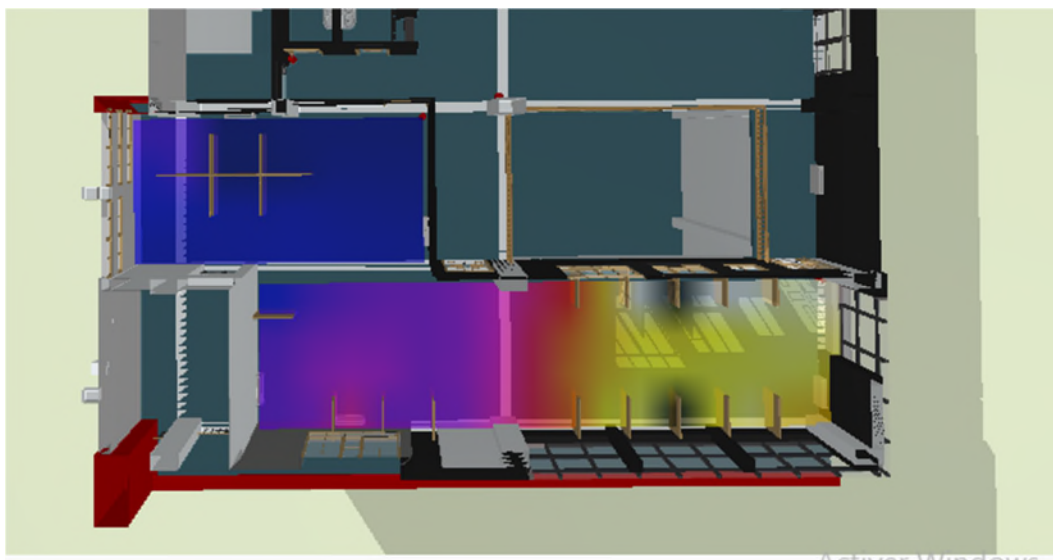


Figure 4.25 : carte d'éclairage enregistrée 16h (source : auteures, 2021).

On remarque des taches visuelles dans la partie inférieure de la salle causées par la pénétration des rayons solaires à travers un éclairage zénithal, puis par des fenêtres intermédiaires permettant la réflexion et la diffusion de la lumière naturelle. On remarque une répartition anarchique de la lumière à l'intérieur de la salle de lecture où : une zone avec un rendu de couleur plutôt vers des valeurs minimales (présence d'ombres gênantes), une zone avec un rendu de couleurs plus ou moins clair, qui est la zone la plus favorable, ensuite on a remarqué l'existence d'une zone intermédiaire : éclairement élevé dans la partie centrale de la salle de lecture. enfin ,l'éblouissement à proximité des ouvertures .

Partie A : Les valeurs varient entre 0 et 1200 lux, ceux sont des valeurs indiquant une faible quantité de lumière naturelle, un faible éclairement démarqué par l'insuffisance des ouvertures et l'orientation du bâtiment, on remarque une tache sombre au sein de cet espace dû à la présence de l'aménagement de la salle (tables et cloison en open space).

Partie B : dans ce cas on distingue 3 zones :

- Zone d'Eblouissement : zones situées devant les ouvertures 5000 lux
- Zone à Eclairement très élevé zones situées à proximité des ouvertures 3800 jusqu'à 'à 5000 lux,
- Zone à Eclairement moyen : (confort) entre 1000 et 2000 lux n'y a pas beaucoup d'ouvertures (1 seule fenêtre), engendrant un éclairage quasi uniforme.

- zone à éclairement élevé : entre 2500 et 3500 lux ceux sont les zones intermédiaires séparant les zones d'éblouissement et de confort, sans négliger la présence des ouvertures.

L'éclairage est mal réparti. La lumière que reçoit le local va éclairer la surface qui se trouve près de la fenêtre, puis cette quantité d'éclairage va diminuer vers le fond du local ce qui permet une mauvaise répartition de la lumière, et l'utilisation de différents types et dimensions des fenêtres, et sans protection et entraînent une mauvaise rentabilité en termes de confort visuel.

4.3.3 Comparaison des résultats de la simulation et de la méthode in situ :

Afin d'aboutir à une amélioration de la qualité de l'ambiance visuelle dans la salle de lecture, on procèdera à cette effet, à une comparaison entre les résultats obtenus dans les deux méthodes empruntées : étude par simulation et l'étude empirique.

Comparaison des valeurs mesurées et simulées :

Les illustrations suivantes sont les produits d'une analyse empirique, et des résultats générés par la simulation numérique, on a opté pour la comparaison d'une période de la journée et généraliser sur l'ensemble des résultats



Figure 4.26 : les taches solaires réelles, (source:auteures,2021).

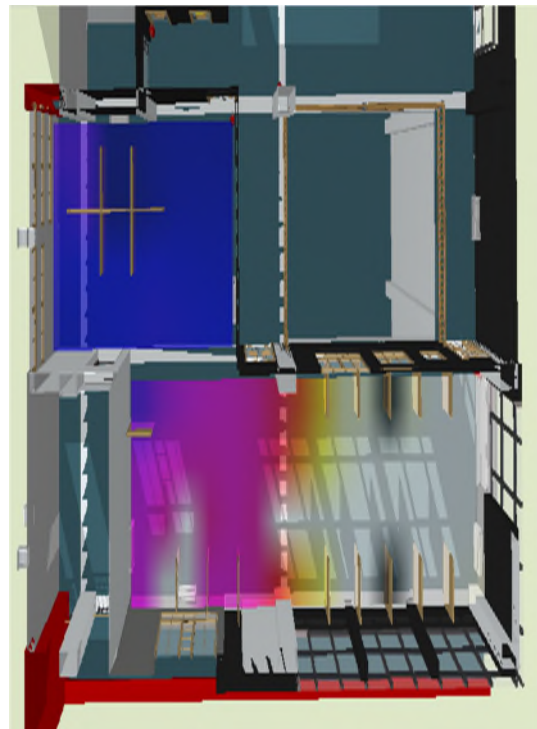


Figure 4.27 : les taches solaires générées par la simulation (source : auteures, 2021).

Les figures ci-dessus nous montrent taches solaires sur les lieux, là où on remarque que les résultats de la simulation ont montré les mêmes taches aux mêmes endroits

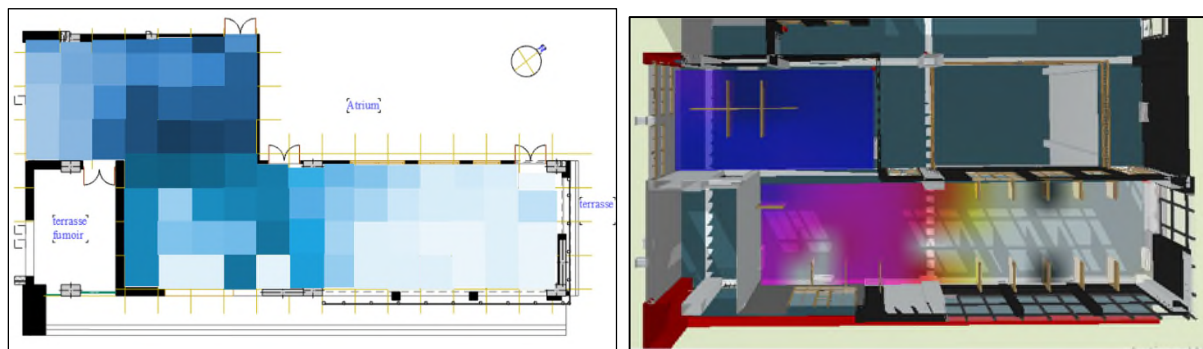


Figure 4.29 : carte d'éclairage réalisée, (source : auteurs, 2021).

Figure 4.28 : la carte d'éclairage résultante de la simulation numérique ; (source : auteurs, 2021).

- on remarque qu'il y a une même représentation des cartes d'éclairage et la position des taches solaires.
- Les valeurs d'éclairages lumineux intérieurs simulés sont plus intenses que celles prise par l'instrument.

La différence au niveau des résultats entre la simulation et l'investigation est due au calibrage par rapport l'infiltration d'air, nombre d'occupation des personnes, l'aménagement intérieur, type de ciel, et l'aménagement extérieur parce que le logiciel ne contient pas des données exactes telles que le fichier climatique donné à une moyenne de 10 ans (pas précis), et ne s'adapte pas avec les conditions d'une journée.

D'après l'étude comparative emprunté ci-dessus, il nous a été révélé que les résultats obtenus lors de la simulation numérique et lors de la méthode empirique sont majoritairement identiques par rapport aux cartes d'éclairages et aux taches solaires, et proportionnels par rapport aux valeurs (voir annexe2), cet ensemble de résultat ont permis d'attendre notre objectif désidérata qui s'agit de la validation du modèle numérique

L'évaluation de l'environnement lumineux de la salle de lecture de la bibliothèque de Bejaia nous a révéler ce qui suit

- L'orientation Nord-est, sud-ouest génère à présence d'une lumière faible durant toute la journée
- L'orientation sud-est et nord-ouest permet un apport maximum de la lumière naturelle causant un éblouissement
- Par leur largeur et leur hauteur, les murs rideaux permettent d'augmenter la prise de contact avec l'extérieur, et laisser pénétrer d'avantage des rayons de soleil, mais leur exploitation brute cause une mauvaise rentabilité en termes de confort visuel.

- D'après le résultat obtenu, On distingue de partie de la bibliothèque avec des niveaux d'éclairage différent : la partie A la plus sombre qui nécessite plus d'apport des rayons lumineux et la partie B qui exigent des protections solaires afin de réduire l'éblouissement donc la salle de lecture nécessite une optimisation de la lumière naturelle la pénétrant tout en assurant l'uniformité d'éclairage sur toute sa surface.

4.3.4 Recommandation :

Après discussion des résultats de notre enquête, nous avons voulu formuler quelques recommandations, dans le but d'améliorer la qualité de l'environnement lumineux de la salle de lecture :

Le contraste existant entre les performances de l'éclairage naturel dans les deux parties de la salle de lecture , nécessite l'emploi d'éléments correcteurs adéquats pour chaque partie à savoir : Les inconvénients lié à l'éblouissement dans la partie B et les inconvénients lié à l'insuffisance du niveau d'éclairage dans la partie A.

- Nous proposons de prendre en charge le problème de l'éblouissement par des protections solaires et la reprogrammation des surfaces vitrées d'une manière qui permet de capter un maximum de lumière naturelle et la réguler avec les masques solaires.
- Afin d'assurer l'uniformité de l'éclairage dans la salle nous proposons l'intégration du système sheds dans la toiture des deux parties de la salle.

4.3.5 Intervention en vue de l'amélioration de l'environnement lumineux dans la salle de lecture.

Après discussions et analyses des résultats obtenues lors de l'évaluation de l'environnement lumineux dans la salle de lecture, et Dans le but d'optimiser ce dernier, nous procédons à l'application des solutions recommandées dans la partie précédente, en agissant respectivement sur : les surfaces vitrées, le type d'ouvertures, et masques solaire et ceci est programmé dans la même journée,

Ce plan d'action sur la qualité d'éclairage se présente en un jumelage d'un certain nombre de scenarios chaque scénario représente l'intervention sur chaque paramètre, ces interventions sont rapportées par des simulations et des résultats de cette dernière.

4.3.5.1 Les Intervention entreprises :

a. Réflexions :

Afin de corriger la qualité de l'éclairage à l'intérieur de la salle de lecture nous avons pensé à :

- Intervenir sur la paroi extérieure nord est d'une façon à permettre un meilleur apport en lumière ce st à dire permettre la pénétration de la lumière naturelle afin de palier au problème d'obscurité présent dans la partie A.
- Ouvrir la paroi de la partie A d'une façon profité de la lumière provenant de la verrière.

- Augmenter la surface vitrée de la façade sud est tout en assurant une protection de celle-ci par des brises soleil,
- ouvrir le mur sud-ouest par une large porte fenêtre en verre dans sur le fumoir.
- et redimensionner les fenêtres du mur nord-ouest de façons à réduire leur surface vitrée afin de palier au problème liée à l'éblouissement de la partie B.

Les différentes opérations envisagées en vue de l'amélioration de la qualité de l'éclairage dans la salle de lecture sont illustré dans le schéma récapitulatif ci-après.

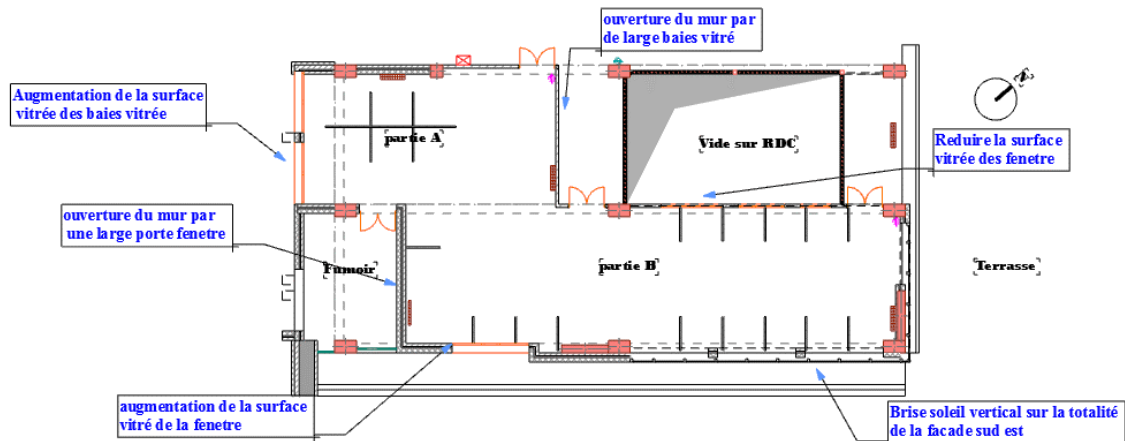


Figure 4.30 : schéma récapitulatif des interventions réfléchies, (source : auteures, 2021).

b. Applications :

Partie A Scenario 1 :

Redimensionner les ouvertures du mur sud-ouest afin d'augmenter leur surface vitrée pour capter d'avantage de rayon lumineux dans cette zone sombre de la salle

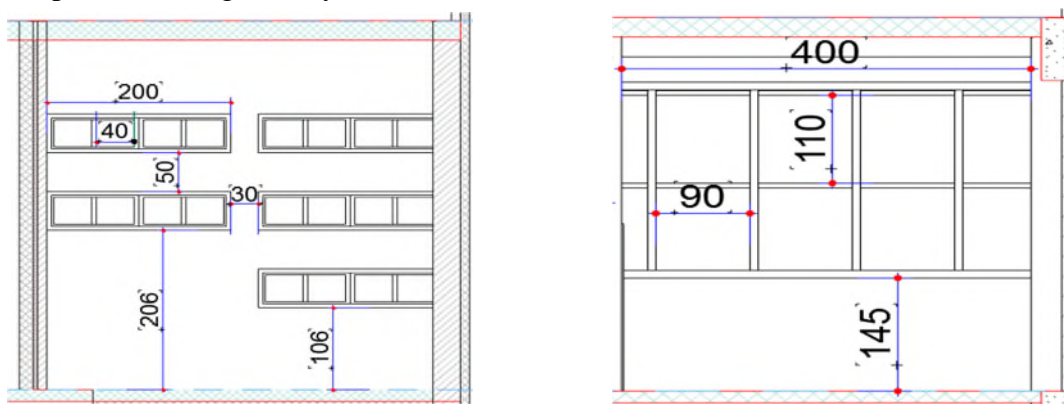


Figure 4.31 : coupe sur la paroi nord-ouest avant correction (source : auteures, 2021).

Présentation et interprétation des résultats :

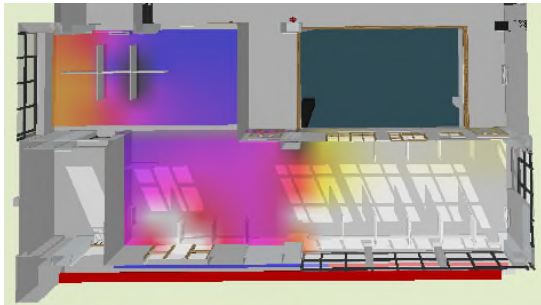


Figure 4.33 : carte d'éclairage à 9h ;(source : auteures, 2021).

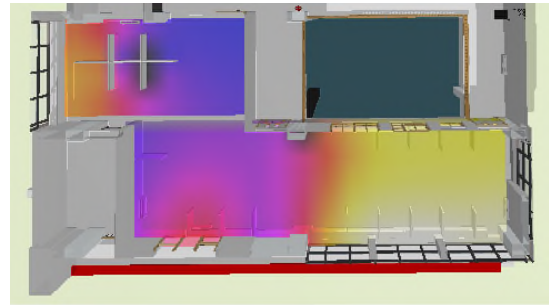


Figure 4.32 : carte d'éclairage à 12h ;(source : auteures, 2021).

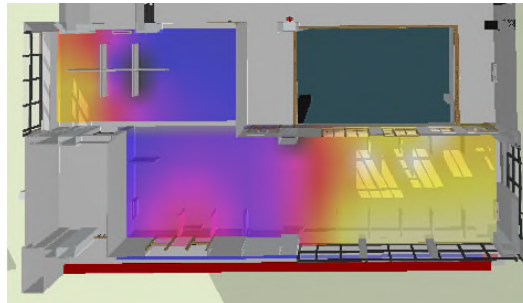


Figure 4.34 : carte d'éclairage à 16h (source : auteures, 2021).

Nous avons observé que l'éclairage naturel dans ce cas est reparti par zone où :

- La zone que comprend notre intervention, une augmentation de quantité de lumière pénétrée, sur la moitié de la profondeur de la partie A mais assez pour éclairer toute la profondeur, et ce résultat est enregistré le même dans les trois périodes.
- et un effet d'éblouissement dans la partie A du côté des ouvertures dans les trois périodes avec un enregistrement de taches solaires.
- Enfin, la deuxième zone de la partie B qui, qui reçoit toujours un niveau d'éclairement moyen.

On remarque des résultats similaires pendant toute la journée, et la présence du contraste entre les niveaux d'éclairement plus l'éblouissement fait que cette intervention n'a pas pu corriger tous les problèmes mais elle a permis une meilleure répartition de la lumière à l'endroit où est localisée l'intervention.

Scenario 2 :

Installation des ouvertures au niveau du mur nord-est afin de bénéficier de l'éclairage provenant de l'atrium, ces ouvertures sont de fenêtres en bois à deux vantaux avec un vitrage simple transparent.

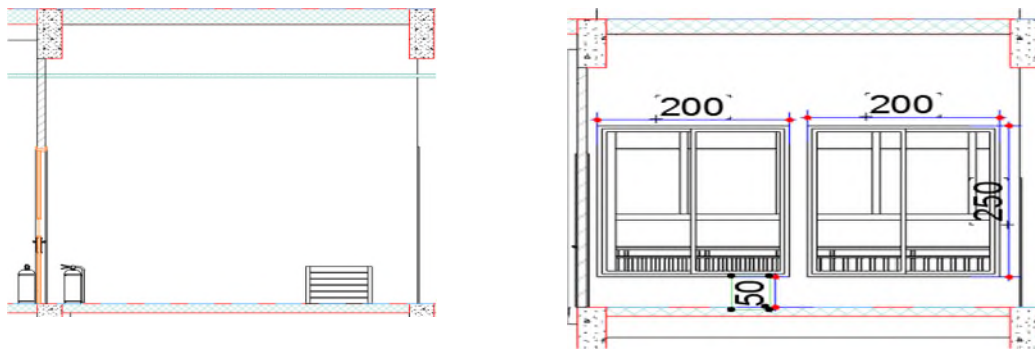


Figure 4.35 : avant la correction, (source : auteures, 2021).

Présentation et interprétation des résultats :

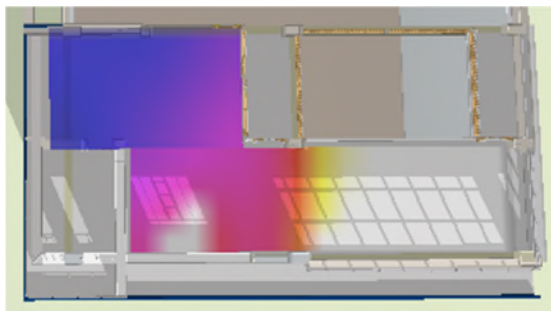


Figure 4.36 : carte d'éclairage à 9h, (source : auteures, 2021).

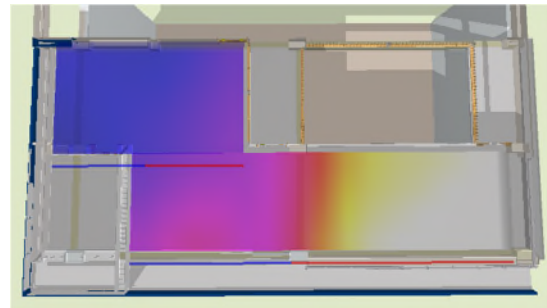


Figure 4.37 : carte d'éclairage à 12h (source : auteures, 2021).

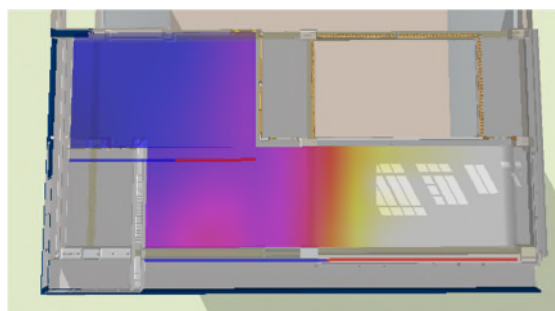


Figure 4.38 : carte d'éclairage à 16h (source : auteures, 2021).

Nous avons observé que l'éclairage naturel dans ce cas est reparti par zone où :

- La zone que comprend notre intervention, une augmentation de quantité de lumière pénétrée, en appoint à cette zone mais assez pour éclairer toute la profondeur, et ce résultat est enregistré le même dans les trois périodes.
- et un effet d'éblouissement dans la partie A du côté des ouvertures dans les trois périodes avec un enregistrement de taches solaires.

- Enfin, la deuxième zone de la partie B qui, qui reçoit toujours un niveau d'éclairage moyen.

On remarque des résultats similaires pendant toute la journée, et la présence du contraste entre les niveaux d'éclairage plus l'éblouissement fait que cette intervention n'a pas pu corriger tous les problèmes mais elle a permis une meilleure répartition de la lumière dans une certaine profondeur minimale, à l'endroit où est localisée l'intervention.

Partie B : Scenario1 :

Redimensionner les fenêtres à vantaux du mur nord-ouest en réduisant leur hauteur ceci permettra de limiter la quantité des rayons lumineux causant l'éblouissement dans cette partie tout en de profitant de l'éclairage zénithal provenant de l'atrium l'après-midi.

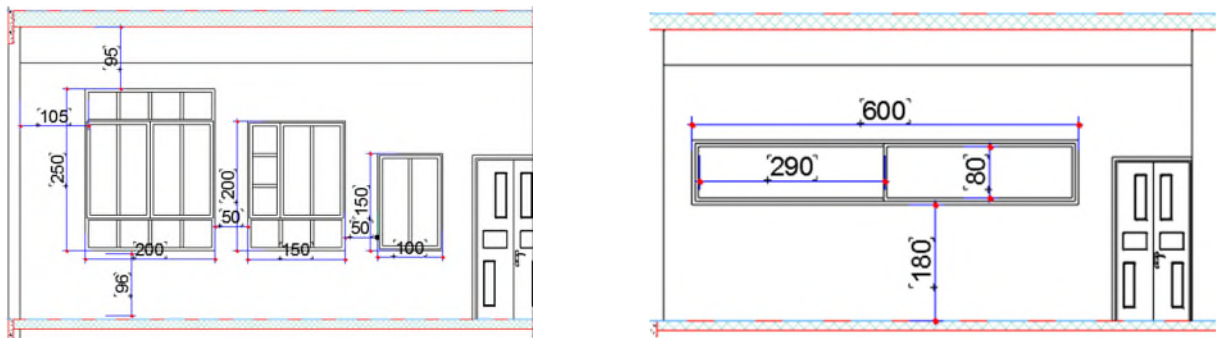


Figure 4.39 : coupe sur la paroi nord-est avant modifications. (Source : auteures, 2021).

Présentation et interprétation des résultats :

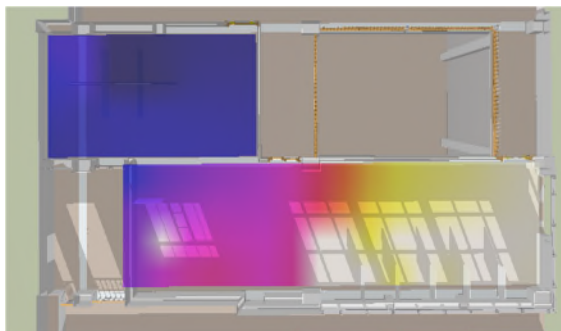


Figure 4.41 : carte d'éclairage du 1^{er} scénario à 9h, (source : auteures, 2021).

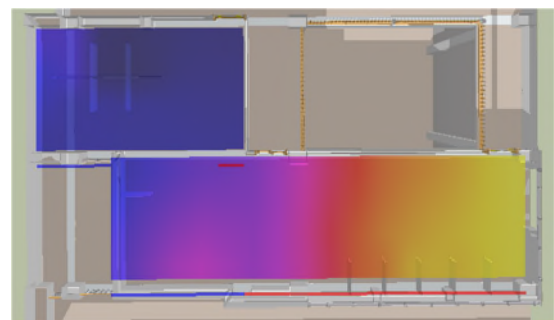


Figure 4.40 : carte d'éclairage du 1^{er} scénario à 12h, (source : auteures, 2021).

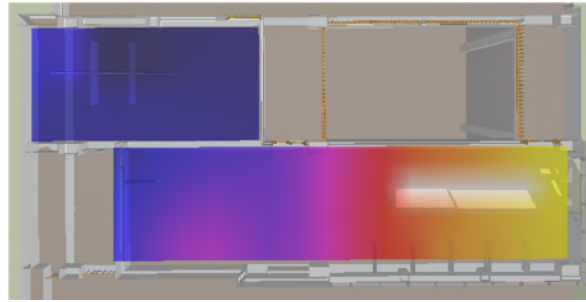


Figure 4.42 : carte d'éclairage 1^{er} scénario à 16h,
(source : auteures, 2021).

Nous avons observé que l'éclairage naturel dans ce cas est reparti par zone où :

- La zone que comprend notre intervention, une diminution de pénétration des rayons solaires directs localement, et un effet d'éblouissement sur dans la 1^{ère} et 3^{ème} périodes.
- La zone à très faible éclairage qui est la zone qui comprend la partie A.
- Enfin, la deuxième zone de la partie B qui, qui reçoit un niveau d'éclairage moyen.

On remarque des résultats similaires pendant toute la journée, et la présence du contraste entre les niveaux d'éclairage plus l'éblouissement fait que cette intervention n'a pas pu corriger tous les problèmes mais elle a permis une meilleure répartition de la lumière dans la zone adjacente à la zone quelle domine ,autrement : la zone sud-ouest de la partie B.

Scenario 2 :

Consiste à Redimensionner la fenêtre du mur sud-est étant donné que la façade est la plus exposé au soleil, la stratégie adoptée dans ce cas est de capter le maximum de ces rayons de soleil afin d'éclairer cette partie moyennement éclairée de cette partie pour assurer un éclairage uniforme sur tout cette dernière.

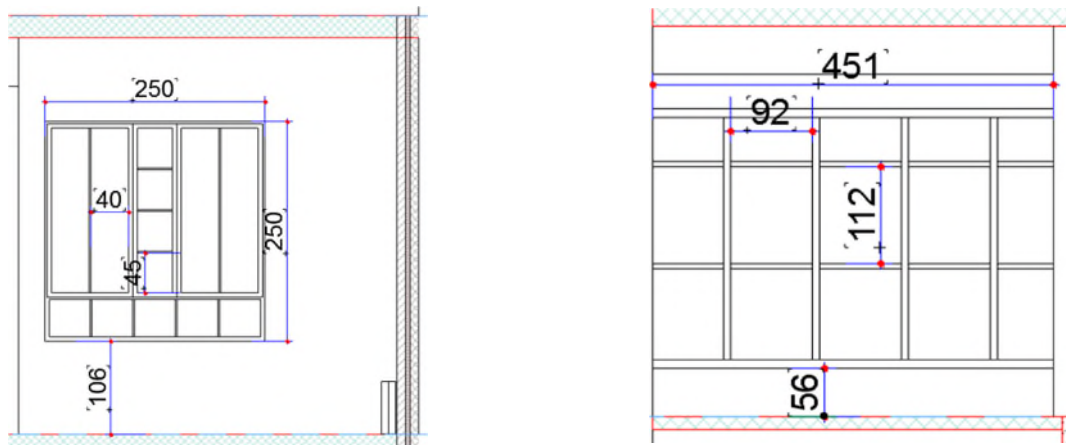


Figure 4.43 : coupe sur la fenêtre de la façade principale avant et après intervention, (source : auteures, 2021).

Présentation et interprétation des résultats :

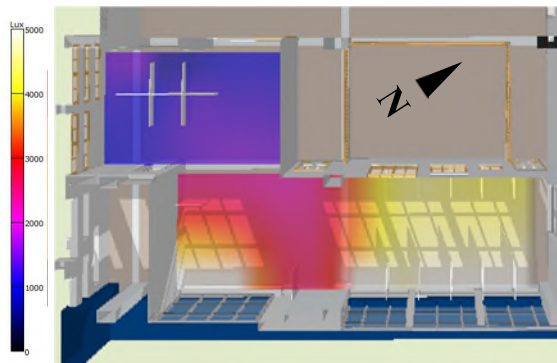


Figure 4.45 : carte d'éclairage à 9h (source : auteures, 2021).



Figure 4.44 : carte d'éclairage à 12h, (source : auteures, 2021).

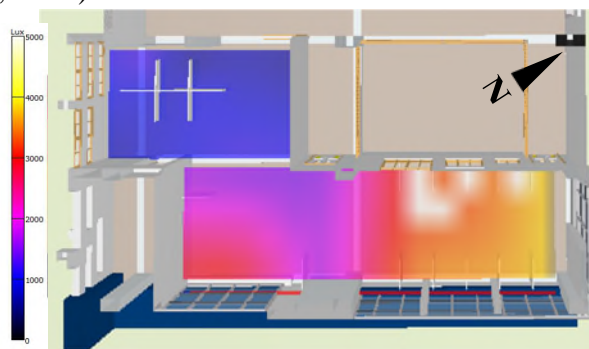


Figure 4.46 : carte d'éclairage à 16h, (source : auteures, 2021).

Nous avons observé que l'éclairage naturel dans ce cas est reparti par zone où :

- La zone que comprend notre intervention, on remarque qu'il a eu une meilleure pénétration de lumière, en raison des dimensions importantes du mur rideau inséré.
- Les zones d'éblouissements, celles qui sont entre les ouvertures amenant la grande quantité de lumière, et la zone à très faible éclairément qui est la zone qui comprend la partie A.

On remarque des résultats similaires pendant toute la journée, avec l'effet de l'éblouissement qui diffère selon la période, de plus les taches solaires montrées par la carte de la première période (9h) et la présence du contraste entre les niveaux d'éclairément font que cette intervention n'a pas pu corriger tous les problèmes mais elle a permis un meilleur apport en lumière dans la zone qu'elle domine.

Scenario 3 :

Il consiste à la Protection de la façade sud-est qui représente l'orientation la plus défavorable par des brise soleil verticale à lames de 20 cm d'épaisseur et 40 cm de profondeur afin de filtrer la lumière pénétrante dans la salle de lecture ceci permettra de palier au problème

liée à l'éblouissement dans cette partie et diffuser la lumière de façon homogène au sein de cette dernière

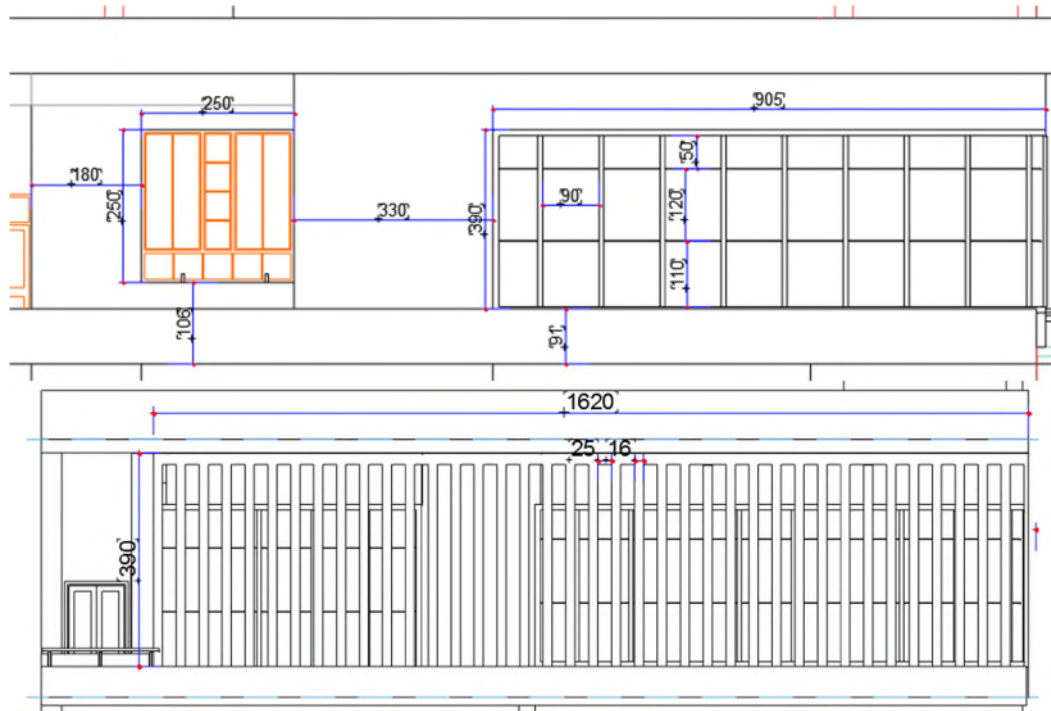


Figure 4.47 : coupe schématique représentant le avant et après la mise en place des brises soleil, (source : auteures, 2021).

Présentation et interprétation des résultats :

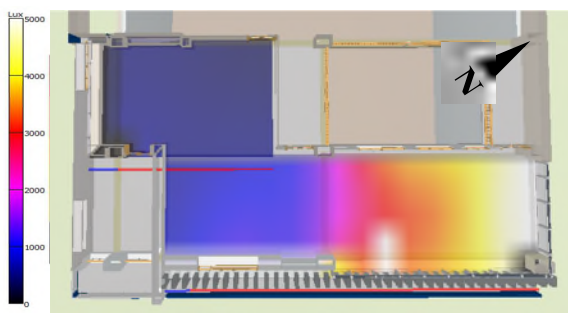


Figure 4.48 : carte d'éclairage à 9h, (source : auteures, 2021).

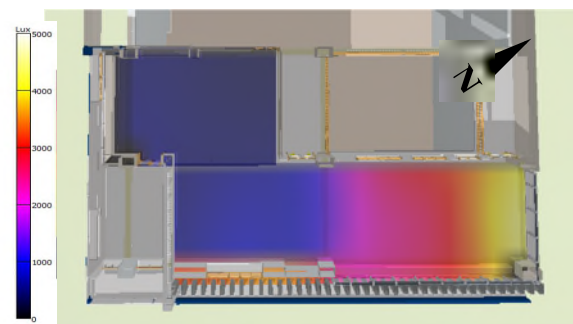


Figure 4.49 : carte d'éclairage à 12h, (source : auteures, 2021).

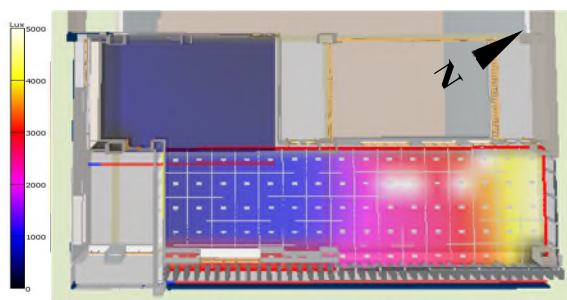


Figure 4.50 : carte d'éclairage à 16h, (source : auteures, 2021).

Nous avons observé que l'éclairage naturel dans ce cas est reparti par zone où :

- La zone que comprend notre intervention, on remarque que le problème de l'éblouissement est diminué sans être réglé, avec un contraste plus ou moins faible, la zone qui comprend la partie A est toujours en retrait en terme de lumière naturelle, elle reçoit pas les effets de l'intervention, enfin la zone située à l'extrémité sud-ouest de la partie B qui reçoit moins de lumière que ce qu'elle recevait sans intervention.
- Les zones d'éblouissement, celles qui sont entre les ouvertures amenant la grande quantité de lumière, et la zone à très faible éclairage qui est la zone qui comprend la partie A.

On remarque des résultats similaires pendant toute la journée, en soulignant le facteur d'éblouissement durant la première et la dernière période et la présence du contraste entre les niveaux d'éclairage font que cette intervention n'a pas pu corriger tous les problèmes.

Scenario 6 :

Ouverture du mur sud-ouest de la partie B afin de profiter de la lumière provenant du fumoir ; ce dernier permet un apport d'éclairage sans éblouissement.

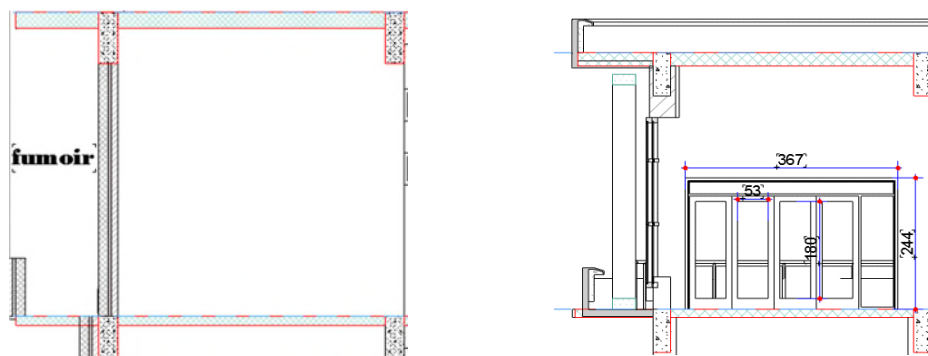


Figure 4.51 : coupe représentant avant et le après de l'ouverture du fumoir, (source : auteures, 2021).

Présentation et interprétation des résultats :

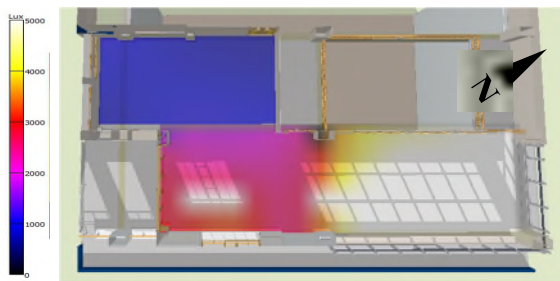


Figure 4.53 : carte éclairage à 9h, (source : auteures, 2021).

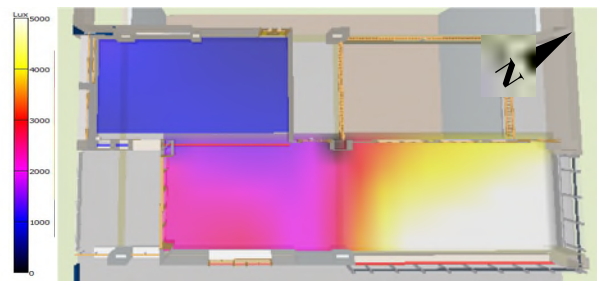


Figure 4.52 : carte éclairage à 12h, (source : auteures, 2021).

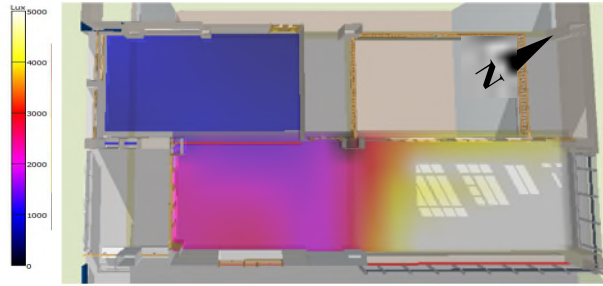


Figure 4.54 : carte éclairage à 16h, (source : auteures, 2021).

Nous avons observé que l'éclairage naturel dans ce cas est reparti par zone où :

- La zone que comprend notre intervention, on remarque qu'il a eu une meilleure pénétration de lumière, en raison des dimensions importantes de la porte insérée.
- Les zones d'éblouissement, celles qui sont entre les ouvertures amenant la grande quantité de lumière, et la zone à très faible éclairage qui est la zone qui comprend la partie A.

On remarque des résultats similaires pendant toute la journée, et la présence du contraste entre les niveaux d'éclairage plus l'éblouissement fait que cette intervention n'a pas pu corriger tous les problèmes mais elle a permis une meilleure répartition de la lumière dans la zone qu'elle domine .

Scenario 7 :

Ouverture du mur sud-est du fumoir afin d'apporter un maximum de rayon lumineux et les diffuser au deux partie de la salle de lecture.

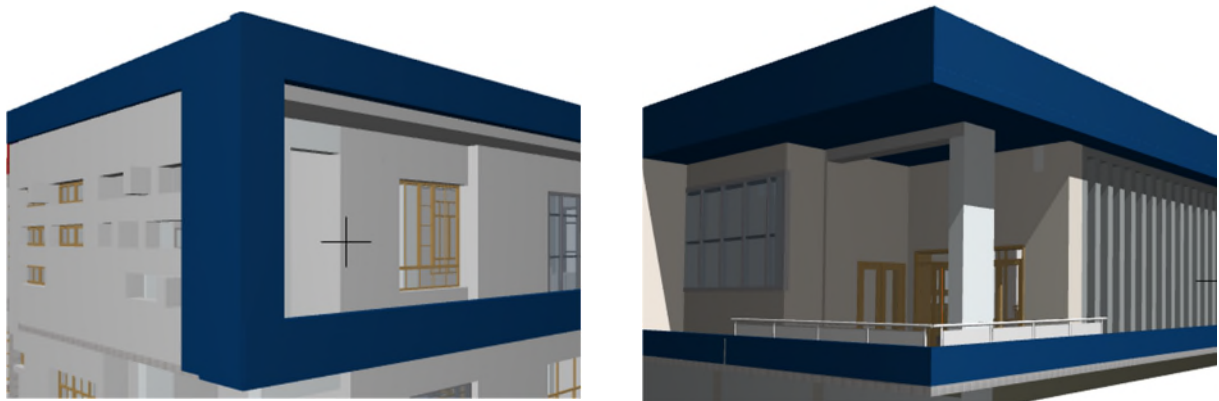


Figure 4.55 : figure représentant l'état du fumoir avant et après l'intervention (source : auteures, 2021).

Présentation et interprétation des résultats :

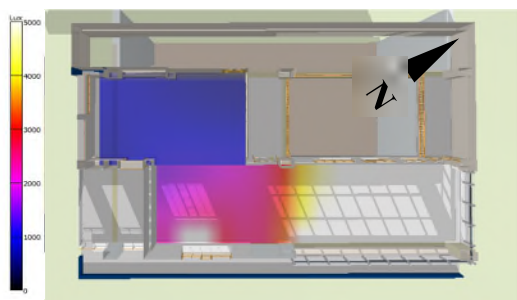


Figure 4.57 : carte d'éclairage à 9h (source : auteures, 2021).

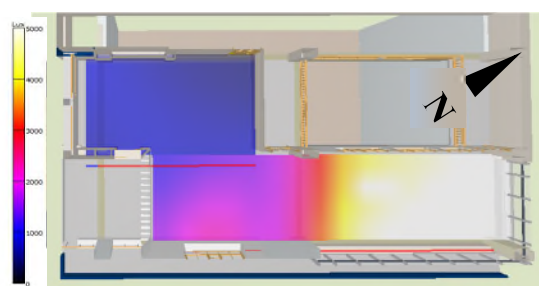


Figure 4.56 : carte d'éclairage à 12h (source : auteures, 2021)

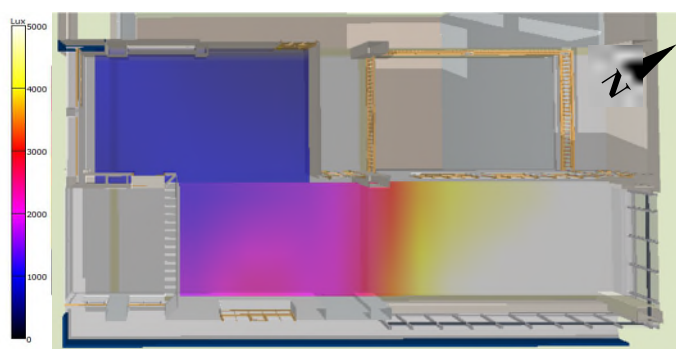


Figure 4.58 : carte d'éclairage à 16h (source : auteures, 2021).

- Nous avons observé des répartitions de lumière par zone où :
 - La zone que comprend notre intervention, on remarque qu'il n'a pas eu de changement car bien que les murs du fumoir soient exclus, la lumière ne pourrait pas pénétrer en raison d'obstacle que présentent les parois en contact avec l'intérieur de la salle.
 - Les zones d'éblouissement, celles qui sont entre les ouvertures amenant la grande quantité de lumière, et la zone à très faible éclairage qui est la zone qui comprend la partie A.
 - On remarque des résultats similaires pendant toute la journée, et la présence du contraste entre les niveaux d'éclairage plus l'éblouissement fait que cette intervention n'a pas pu corriger les problèmes.

En observant les résultats des différents scénarios proposés pour chaque partie, nous remarquons que nous avons essayé, par ces interventions de corriger ou d'améliorer la qualité de ces paramètres en question.

Mais on constate que ces actions, ne jouent pas le problème car leur impact se voit apparent uniquement sur place ; c'est-à-dire en agissant sur chaque paramètre, le changement n'affecte pas la totalité de la salle mais seulement la zone où il est localisé ce dernier.

Alors on est arrivé à la conclusion que l'intervention sur un seul paramètre ne suffit pas pour corriger les problèmes liés à l'éclairage de la salle de lecture ni à aboutir à un niveau uniforme d'éclairage, à cet effet nous avons réfléchi à une proposition qui pourrait être la solution recherchée, qui consiste au jumelage des opérations effectuées précédemment afin d'ouvrir le maximum que ça soit sur les façades à orientation favorable, ou défavorable, tout en mettant des protections.

Résultats obtenus dans le dernier scénario proposé :

En combinant ces différents scénarios nous arrivons aux résultats ci-dessous :

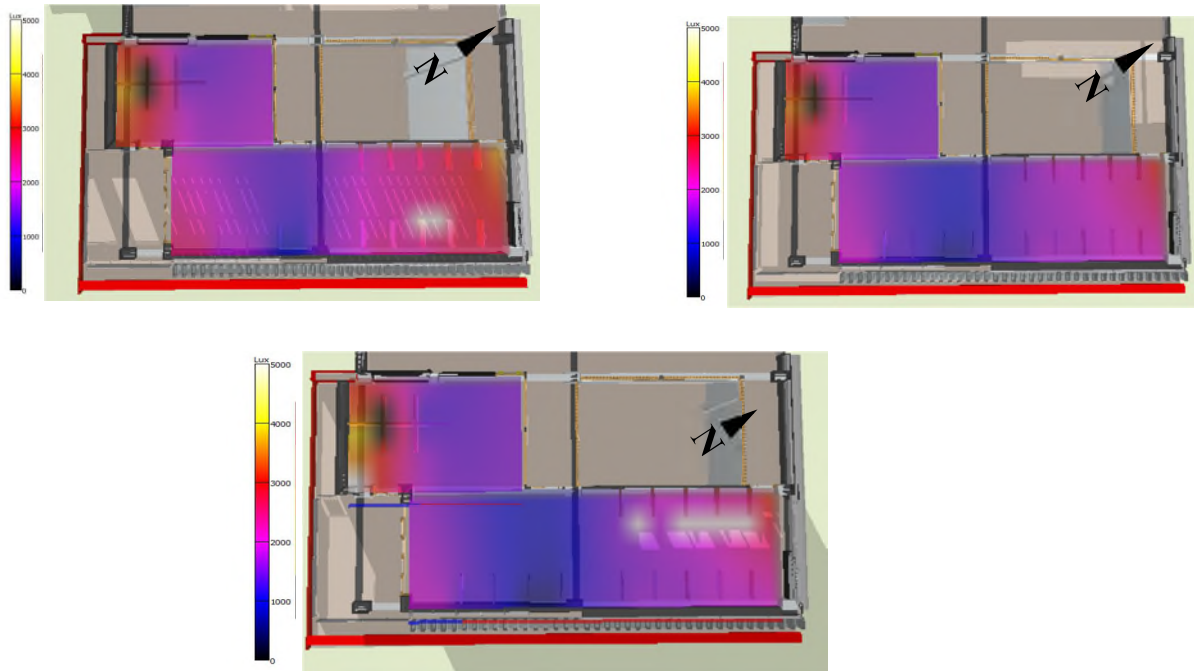


Figure 4.59 : les différents résultats du scénario 8 (source : auteurs, 2021).

4.3.6 Analyse et interprétation des résultats :

La première période :

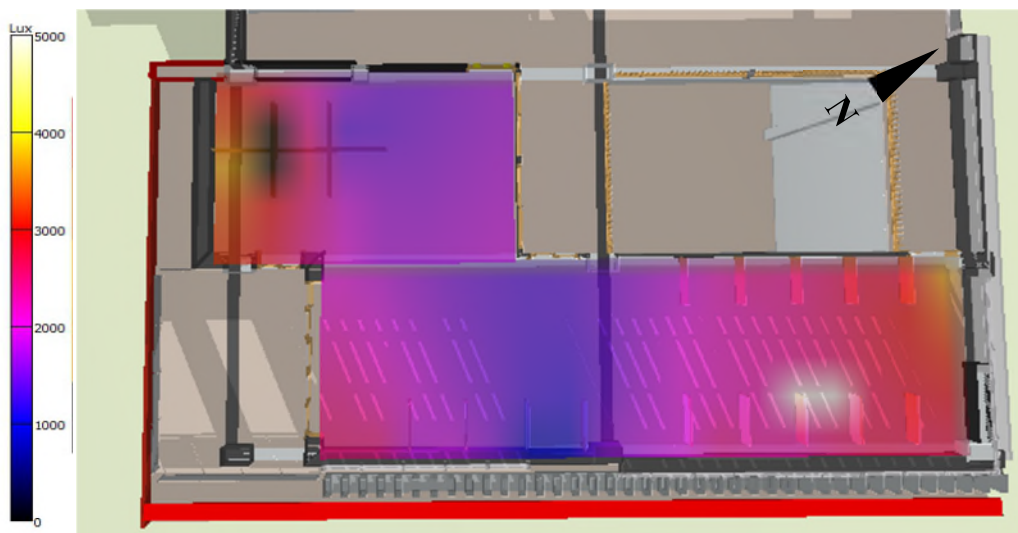


Figure 4.60 : cartes d'éclairages obtenues à 9h (source:auteurs,2021)

Partie A : D'après la carte d'éclairage générée par le logiciel Archiwizard, l'éclairage est régulièrement repartie dans cette partie de la salle à souligner qu' il y a des zones à contrastes plus ou moins apparents et ce sont celles qui se situent à proximité des parois en contact avec

l'extérieur ou à une distance minimale avec les ouvertures ;où, d'une part on distingue des valeurs allant de 3000 à 4000 lux dans la zone dominée par le mur rideau ,d'autre part, des valeurs approximatives à 2000 lux définissant la zone répartie sur la surface dominée par la porte coulissante ,et les fenêtres qui permettent la transmission de la lumière provenant de l'atrium, ces zones occupent moins de 10% de la totalité de la section de la salle ,les 90% autres sont réservé à la zone tracée par un très faible contraste c'est-à-dire une couleur plus ou moins monochrome désignant des valeurs allant de 1500à 2000 lux ,et ceux sont les valeurs traduisant une bonne répartition lumineuse ,dans une ambiance nettement classable comme confortable.

Partie B : La carte d'éclairage générée dans la deuxième partie nous a donné des couleurs plus au moins homogènes étalant toute la surface tout en marquant les zones scellées aux parois en contact avec l'extérieur notamment la porte du fumoir et le mur rideau inséré sur la paroi opposée, ces dernières ont donné un niveau d'éclairage variant entre 3000 à 4000 lux ,contrairement au reste de la profondeur de la salle qui est caractérisé avec un niveau d'éclairage moyen allant de 1800 à 2000 lux définissant des valeurs approximatives sur toute la profondeur de la section, cette lumière est diffusée avec une absence d'éblouissement et d'ombres gênantes ,permettant ainsi de juger que la quantité d'éclairage naturel reçue dans cette partie est uniformément répartie.

Résultats obtenus dans la deuxième période :

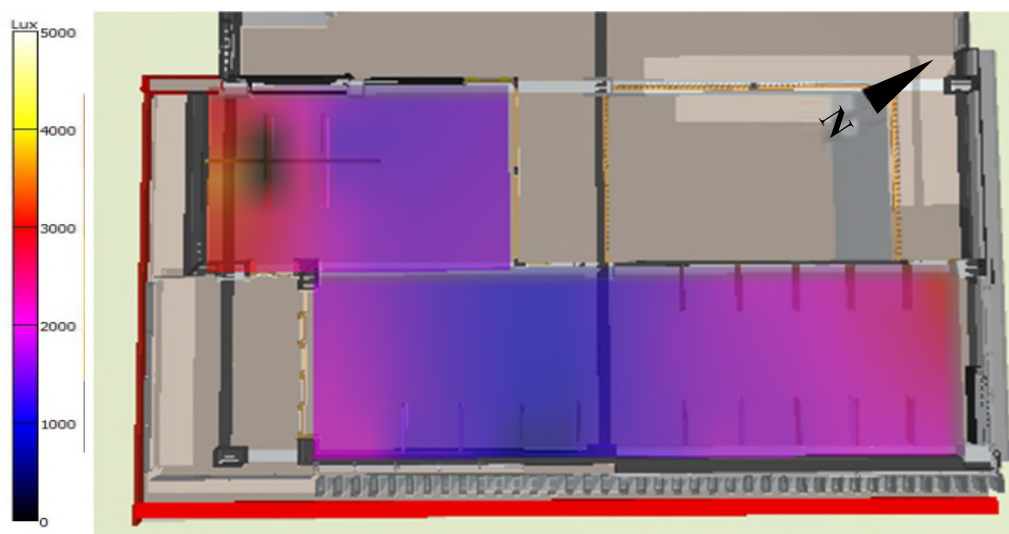


Figure 4.61 : carte d'éclairage générée à 12h ;(source : auteures,2021).

La partie A : On remarque une distribution homogène de la lumière naturelle, et ceci est défini par l'absence de contraste élevé dans la carte d'éclairage générée ou on remarque déjà l'absence d'éblouissement et d'ombres gênantes, la zone à éclairage élevé d'environ de 3000à3500 lux qui se distingue par la courte distance qui la détache du mur rideau tandis que le reste de la profondeur est repérée par une couleur uniforme traduisant des valeurs moyennes et ces dernières donnent un d'éclairage d'environ de 1800 à 2800 lux, la lumière est

uniformément répartie dans cette zone par effet de faible intervalle et les valeurs qui dépassent pas 3500 lux.

La partie B : Dans cette partie de la salle, on remarque une répartition homogène de niveaux d'éclairage qui varient entre 1000 et 2500 et ces valeurs sont distribuées sur toute la profondeur de la salle tout en accentuant un certain contraste à un espace intermédiaire qui est justifié par la présence d'un voile sismique servant de masque empêchant la lumière de pénétrer cette partie, hormis cette zone à éclairage moyen, le reste de la salle est bien éclairé.

Dans cette période de la journée, et d'après les discussions propres à chaque partie, on remarque que l'ensemble de la salle reçoit une bonne quantité de lumière répartie uniformément sur une profondeur importante de la salle.

Résultats de la 3eme période :

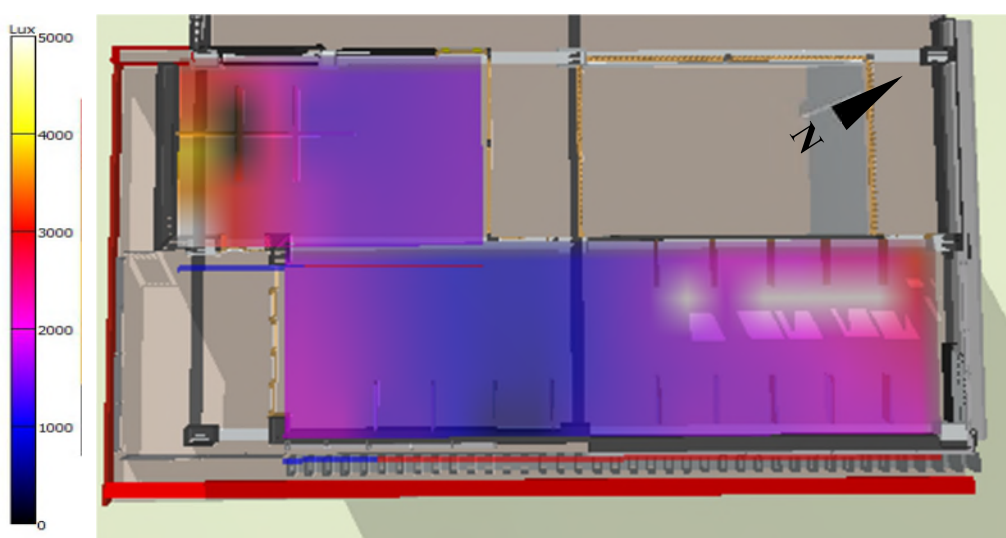


Figure 4.62 : carte d'éclairage générée à 16h (source : auteures, 2021).

Partie A : Les couleurs générées par la carte d'éclairage donnent les informations qui suivent : Une uniformité en niveau d'éclairage considérée dans la plus grande partie de la section traduite par des valeurs défilant entre 1500 et 2500 lux, tandis que la partie colée à la paroi extérieure permettant la pénétration des rayons solaires ainsi un niveau élevé d'éclairage (3000-4000 lux) .

Partie B : On remarque que les valeurs et les couleurs générées par la carte d'éclairage dans cette partie et période de la journée sont homogènes et à faibles intervalles et nuances, tout en soulignant les zones qui se trouvent à côté des ouvertures avec un niveau d'éclairage plus élevé que le reste de la profondeur mais l'intervalle de classe reste négligeable, c'est à dire la valeur minimale s'arrête à 1000 lux, et la maximale dépassant pas 2500 lux. Le rapport entre la profondeur de la salle et les valeurs enregistrées nous permettent de juger que cette dernière est insérée dans une bonne ambiance lumineuse.

L'analyse des résultats après la simulation nous ont permis d'attester que les corrections effectuées et les interventions entreprises ont corrigé les problèmes d'éblouissement, ombres et la mauvaise répartition de la lumière dans la salle de lecture, ces problèmes sont donc convertis :

un rendu de couleur uniforme, sans se propageant dans en et parmi les différents scenarios proposés ,ce dernier est le meilleur scenario qui règle le mieux ces problèmes, par conséquent le modèle proposé est désormais validé.

Conclusion :

Nous avons pu examiner à travers ce chapitre l'un des critères d'évaluation d'une construction durable, à savoir le confort visuel, qui dépend de deux aspects : la lumière naturelle et artificielle.

Ce chapitre nous a permis d'identifier les besoins quantitatifs et qualitatifs dans la salle de lecture afin d'assurer une sensation confortable et satisfaisante en termes ambiance visuelle : quantitativement en termes d'éclairement et d'uniformité de l'éclairage reçu dans la pièce, et qualitativement en termes de couleurs avec un effet non éblouissant, ces besoins dépendent du type de pièce, des dimensions, de la configuration...etc.

Nous avons pu également identifier les différents paramètre influençant les condition d'éclairage et en mettant en place les différentes stratégies pour améliorer la qualité de l'environnement lumineux dans la salle de lecture afin de minimiser la consommation énergétique; ces stratégies consistent en captage maximal de la lumière naturel tout en assurant son contrôle et ceci à travers l'orientation des ouvertures ,le choix du type et leurs surfaces, afin d'obtenir une bonne répartition de cette lumière à travers les texture et les couleur des surface interne ,cette expérience acquise nous permet donc de confirmer notre hypothèse.

Conclusion générale :

Au-delà des préoccupations concernant l'usage fonctionnel des bâtiments, Leur intégration architecturale, leur implantation ou encore leur rigidité et leur confort, l'intérêt Pour les « bâtiments durables » et de plus en plus important renvoie à la nécessité de prise en considération de leur impact environnementaux et de leur durabilité.

Dans le contexte de diminution des impacts environnementaux résultant du domaine de la construction, ce travail qui porte sur l'évaluation de la durabilité a pour but de présenter les différents systèmes d'évaluation des bâtiments durables en examinant leur mécanique, en extrayant leurs axes constitutifs et en relevant leurs pistes d'évolution. Afin de pouvoir développer et d'appliquer une méthode opérationnelle d'évaluation et d'amélioration de la qualité environnementale de bâtiments en Algérie.

Pour ce faire, ce travail s'est intéressé dans la première partie du mémoire au développement durable afin d'éclairer les notions de ce large concept et le décliner au secteur du bâtiment. Pour cerner l'évolution conceptuelle de ce concept phare aussi rassemblé que controversé, une présentation de son évolution historique et intentionnelle des différentes conférences a occupé les premières pages de cette première partie du mémoire. Suivi par les différentes définitions et représentations conceptuelles de ce développement et son application dans le secteur du bâtiment pour la réalisation d'une architecture bioclimatique. Mettant ainsi en évidence les différentes stratégies à adopter pour des bâtiments performants sur le plan énergétique et sur le plan environnemental. Permettant ainsi de mieux comprendre les différents éléments architecturaux qui influent la durabilité des bâtiments. il a ensuite présenté et disséqué les méthodes d'évaluation des bâtiments durables les plus développés et connus à l'échelle internationale : il s'agit de la méthode BREEAM LEED HQE en présentant leur caractéristiques mécaniques à savoir leur critères d'évaluations, systèmes de pondérations et leur processus de certification ,Nous estimons avoir simplifié la compréhension de ces systèmes de notation tout en relevant leur caractéristiques complémentaires et novatrices spécifiques. Nous croyons que l'étude des échelles proches s'avère importante afin de comprendre et améliorer ces outils d'évaluation.

L'état de l'art de cette première grande partie de texte a préparé le terrain pour le développement d'un outils d'évaluation Algérien qui prend en compte les propriétés locales dans son processus d'évaluation afin de répondre aux différentes stratégies du développement durable mise en place par le gouvernement algérien, l'outil développé au sein de cette recherche offre la possibilité d'évaluer la qualité environnementale et de mesurer leur durabilité

Afin de créer cette nouvelle méthode nous avons décidé de définir notre approche et nos objectifs en accord avec HQE BREEAM et LEED. La méthode qui en découle est appelée AASB (Algérien Action for Sustainable building), et a pour objectif de quantifier pour diminuer les émissions des gaz à effet de serre et réduire la consommation énergétique dans le bâtiment tout en assurant les bonnes conditions pour une meilleure qualité de l'environnement intérieur à ses usagers. en utilisant le principe du benchmarking et d'analyse multicritère nous avons proposé une méthode d'évaluation qui comprend 12 critères regroupés dans trois champs d'évaluation liées à l'environnement intérieur ; les ressources et l'environnement extérieur, pour chaque critère d'évaluation regroupe des indicateurs, ces derniers sont justifiés par rapport au contexte algérien, une méthode de calcul est proposée pour l'application de cette méthode.

La méthode a été testée sur un prototype algérien, il s'agit de la maison CNERIB a Souidania dans laquelle nous avons déduit un protocole d'évaluation minimal dû au manque d'informations sur certains aspects du bâtiment mais suffisant pour l'évaluation multicritère du bâtiment.

Ce travail a également pour objectif de détailler l'un des critères des méthodes d'évaluation étudiées, il s'agit du confort visuel, cette étude s'est focalisée sur l'éclairage naturel dans le but de réduire la consommation énergétique, en présentant les différents paramètres influençant ce confort et les différentes stratégies passives permettant d'améliorer la qualité de l'éclairage.

A la fin de ce travail nous avons mis clairement en évidence que ces systèmes de certifications peuvent apporter un réel plus dans la réalisation de bâtiments plus respectueux de l'environnement et qu'un bâtiment réalisé avec des critères de qualité environnementale présente de meilleure performance qu'un bâtiment normal.

Nous espérons que le secteur du bâtiment évolue vers le développement durable et la réduction des impacts environnementaux et que ces outils d'évaluation puissent contribuer à, refléter, encadrer et soutenir ce mouvement. Grâce à ce travail de recherche nous souhaitons avoir aidé, un tant soit peu, cette évolution.

Limites de recherches :

Au cours de la réalisation de ce travail, des difficultés non prévues sont apparues. La première limite est liée au sujet de recherche ce dernier est d'actualité est peu traité ce qui a entraîné des difficultés d'ordre technique comme le manque d'informations ; de plus ce sujet est en perpétuelle évolution ce qui entraîne des changements significatifs dans son contenu.

La deuxième limite à noter est liée au facteur temps, où, effectivement les méthodes d'évaluation des bâtiments est un sujet global qui traite plusieurs aspects de l'architecture durable. De plus, partie pratique traite deux champs expérimentaux complexes : le premier est celui de la création d'une méthode d'évaluation et le deuxième il s'agit de l'étude du confort visuel généré par la lumière naturelle.

Des difficultés ont été également rencontrées lors de l'application de la nouvelle méthode d'évaluation créée ; ceci est dû au manque d'informations sur certains aspects, de plus, cette méthode a été appliquée sur un seul cas d'étude ce qui réduit la crédibilité de ces résultats.

La méthode empirique a été réalisée dans une salle de lecture vide sans aménagement à cause du séisme (mars 2021), sachant que l'aménagement influe de manière considérable le confort visuel en générant des zones d'ombres, de plus l'absence d'un outil professionnel de prise de mesure ; ces deux conditions de prise de mesure réduisent la fiabilité des résultats.

Les perspectives de recherche :

Ce travail de thèse aborde un thème à la fois vaste et novateur les perspectives de recherches sont donc nombreuses :

Nous proposons dans un premier temps une piste d'amélioration de la méthode que nous avons développée, nous croyons que notre recherche pourrait inspirer les priorités locales afin d'élaborer une méthode plus adaptable aux particularités locales.

On peut également imaginer que cette méthode puisse aller loin dans son échelle d'intervention, en élargissant son champs d'application sur l'échelle du quartier, afin d'orienter l'aménagement urbain vers une démarche de développement durable.

De plus l'extension souhaitable du domaine couvert par notre démarche pourrait ultérieurement être accompagnée des études complémentaires afin de développer une méthode d'évaluation de bâtiment durable universelle afin de mettre les bâtiments sur un même niveau d'évaluation, effectivement un bâtiment évalué à l'aide de deux méthode d'évaluation n'obtient pas le même score, cette méthode universelle a pour objectif d'aligner tous les pays du monde sur un niveau d'évaluation équitable.

Une autre piste de recherche consiste à étudier la relation entre le confort thermique et le confort visuel et proposer des stratégies permettant de concilier ces deux notions, effectivement nous avons constaté durant notre étude qu'une des stratégies à adopter pour améliorer le confort visuel dans une salle consiste à capter le maximum de rayon de soleil ces dernier représente une source de chaleur pouvant affecter le confort thermique.

Cette recherche pourrait constituer un inventaire de stratégies à adopter pour une bonne maîtrise de l'énergie et une réduction de l'empreinte environnementale pour le secteur du bâtiment notamment en Algérie.

ANNEXES

ANNEXE A

Les valeurs obtenues suite aux prises de mesures sont inscrites dans les tableaux suivants :

Point	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Valeur (lux)	110	106	152	168	104	108	126	170	111	99	119	170	113	101	113
Point	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	/	/
Valeur (lux)	155	98	95	99	117	89	89	88	85	97	82	72	69	/	/

Tableau IV.04.2 : valeurs obtenues dans la partie B;(source: auteures, 2021).

Point	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Valeur (lux)	682	615	682	1270	651	732	3201	1654	641	706	1409	642	717	725	1149
Point	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Valeur (lux)	2361	595	632	1042	3780	469	575	986	2470	404	491	539	495	333	348
Point	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Valeur (lux)	320	301	223	259	274	674	223	259	274	236	215	268	436	4906	209
Point	46	47	48	49	50	51	52	/	/	/	/	/	/	/	/
Valeur (lux)	255	512	4868	211	240	253	254	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau IV.04.3: valeurs obtenues à 12h dans la partie A;(source: auteures, 2021).

Point	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Valeur (lux)	81	74	75	95	75	72	77	84	74	80	87	81	97	98	100
Point	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	/	/
Valeur (lux)	120	107	113	113	95	168	147	97	89	210	175	85	71		/

Tableau IV.04.4: valeurs obtenues à 12h dans la partie B;(source: auteures, 2021).

Point	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Valeur (lux)	410	391	370	372	374	364	360	406	410	346	344	280	416	357	341
Point	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Valeur (lux)	404	420	374	339	342	327	350	320	394	505	285	252	383	202	199
Point	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Valeur (lux)	197	150	180	142	138	132	117	120	151	101	101	125	189	307	86
Point	46	47	48	49	50	51	52	/	/	/	/	/	/	/	/
Valeur	124	163	277	85	109	132	82	/	/	/	/	/	/	/	/

Tableau IV.04.5: valeurs obtenues à 16h dans la partie A;(source: auteures, 2021).

Point	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Valeur (lux)	69	65	69	82	68	65	71	83	79	74	77	87	71	72	74
Point	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	/	/
Valeur (lux)	82	84	89	94	140	102	115	126	105	120	116	94	95	/	/

Tableau IV.04.6: valeurs obtenues dans la partie B;(source: auteures, 2021).

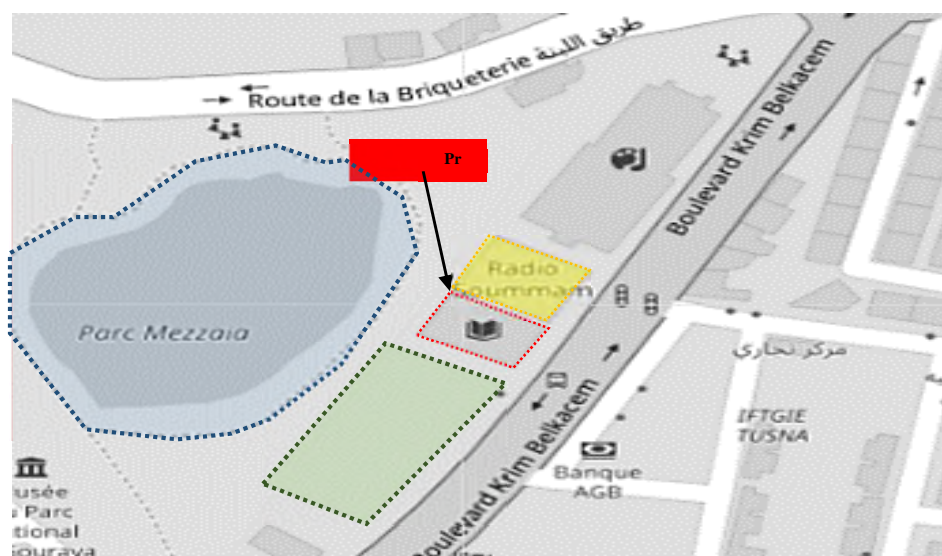
Point	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Valeur (lux)	1720	522	549	700	1340	424	460	532	466	410	385	293	1241	380	386
Point	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Valeur (lux)	521	1194	382	383	365	1160	341	330	380	300	292	302	392	399	272
Point	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Valeur (lux)	220	198	148	175	152	148	95	118	140	85	94	105	130	191	98
Point	46	47	48	49	50	51	52	/	/	/	/	/	/	/	/
Valeur (lux)	111	156	170	90	95	92	74	/	/	/	/	/	/	/	/

Synthèses de l'analyse des bibliothèques

caractéristique	Description
présentation	 <p>Fonction et nom : Bibliothèque principale de la lecture publique « Tahar Amrouche ».</p> <p>Date de réalisation : 2012.</p> <p>Localisation : Bejaia, Algérie.</p> <p>Maitre d'œuvre : BET Novateur.</p> <p>Maitre d'ouvrage : direction de la culture.</p>
situation	 <p>Légende :</p> <ul style="list-style-type: none">  Projet  Etendue du quartier Aamriw  Axe du boulevard.

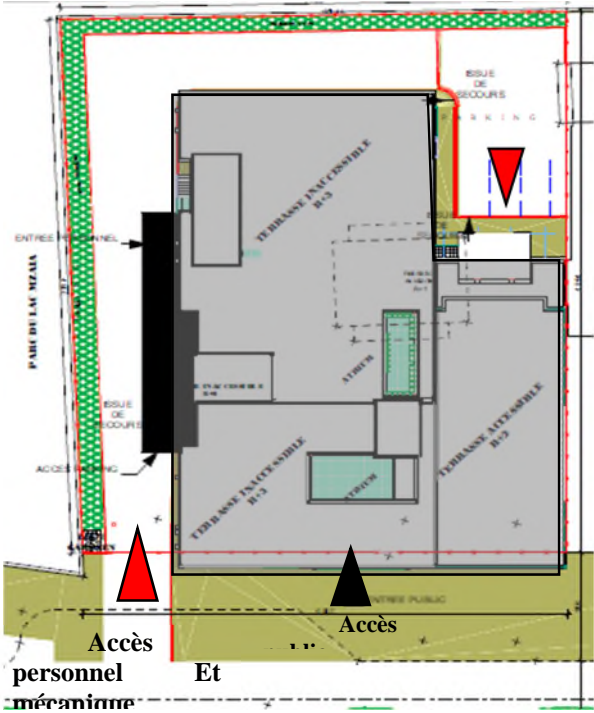

Le projet est situé au nord-ouest de la ville de Bejaia, au centre du quartier d'aamriw sur le boulevard krim Belkacem, et s'étend sur une superficie de **2018 m**.

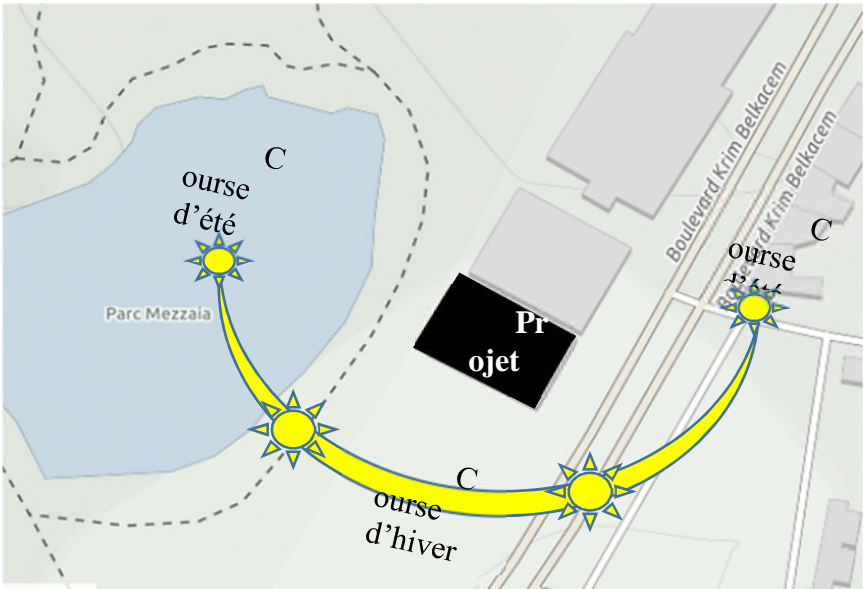
Plan de masse



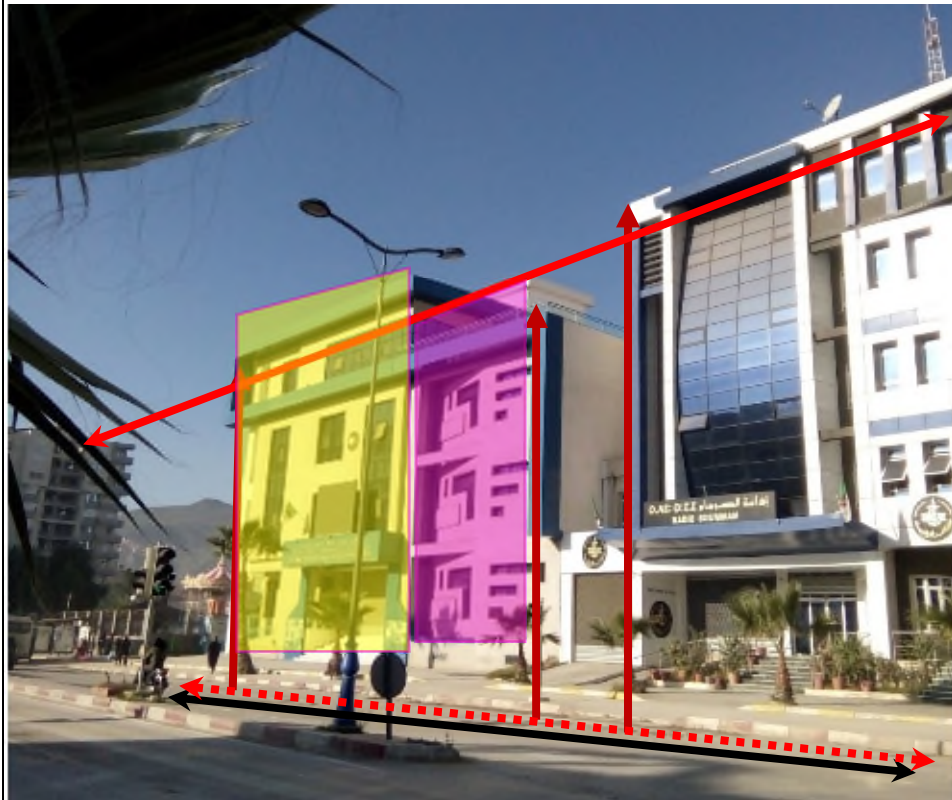
Le projet s'insère dans une assiette à forme rectangulaire, orienté depuis le sud-est vers le nord-ouest.

Comme la figure l'indique, on peut accéder au projet par une seule façade qui est la principale orientée vers le boulevard krim belkacem.

	<p>Les limites du projet comprennent la radio Soummam au côté nord, le parc mezzaia au sud et à l'ouest le lac mezzaia, enfin l'axe principal à l'est.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le projet possède 2 accès piétons réservés au public et au personnel. - Et l'accès mécanique Réserve au personnel et au biblio bus 
<p>Flux</p>	

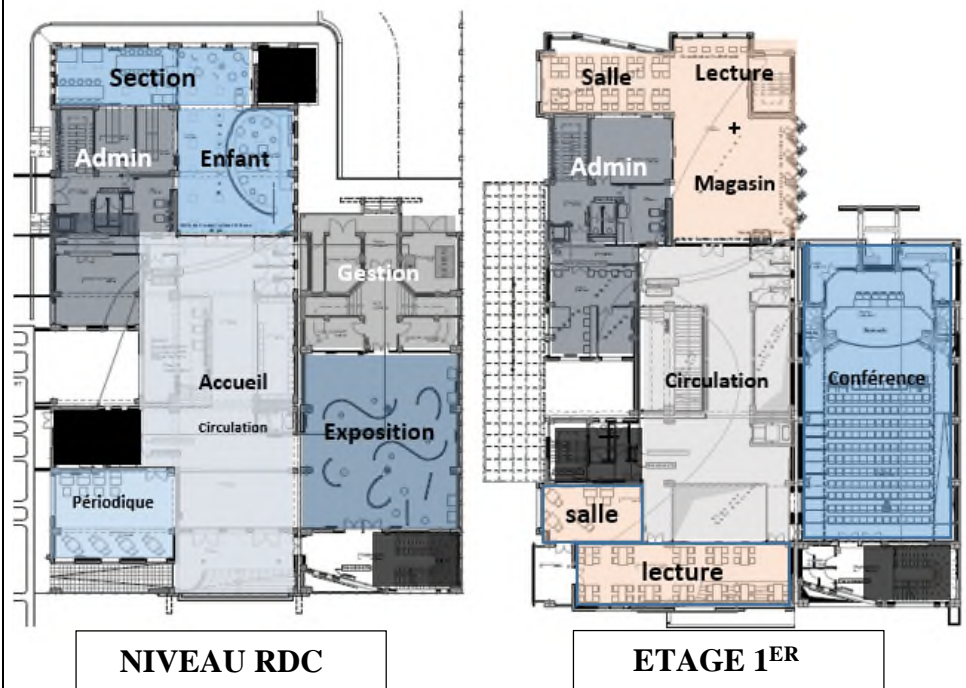
	<p>Comme inscrit sur la photo, le projet est dominé par la présence de plusieurs flux provenant de plusieurs coins.</p> <ul style="list-style-type: none">- Présence de nuisances sonores.- Emplacement stratégique à fort caractère culturel
Climatologie	 <p>Le diagramme illustre les trajectoires du soleil au cours de l'année. Une courbe jaune représente le soleil, avec des points de départ et d'arrivée marqués par des symboles solaires. Les points de départ sont étiquetés 'course d'été' et 'course d'hiver'. La courbe passe au-dessus d'un bâtiment noir étiqueté 'Projet'. À gauche, un plan d'eau est étiqueté 'Parc Mezzaia'. À droite, une rue est étiquetée 'Boulevard Krim Belkacem'. Des lettres 'C' sont placées à différents endroits du diagramme.</p> <ul style="list-style-type: none">- Le projet profite de la lumière du jour durant toute l'année.

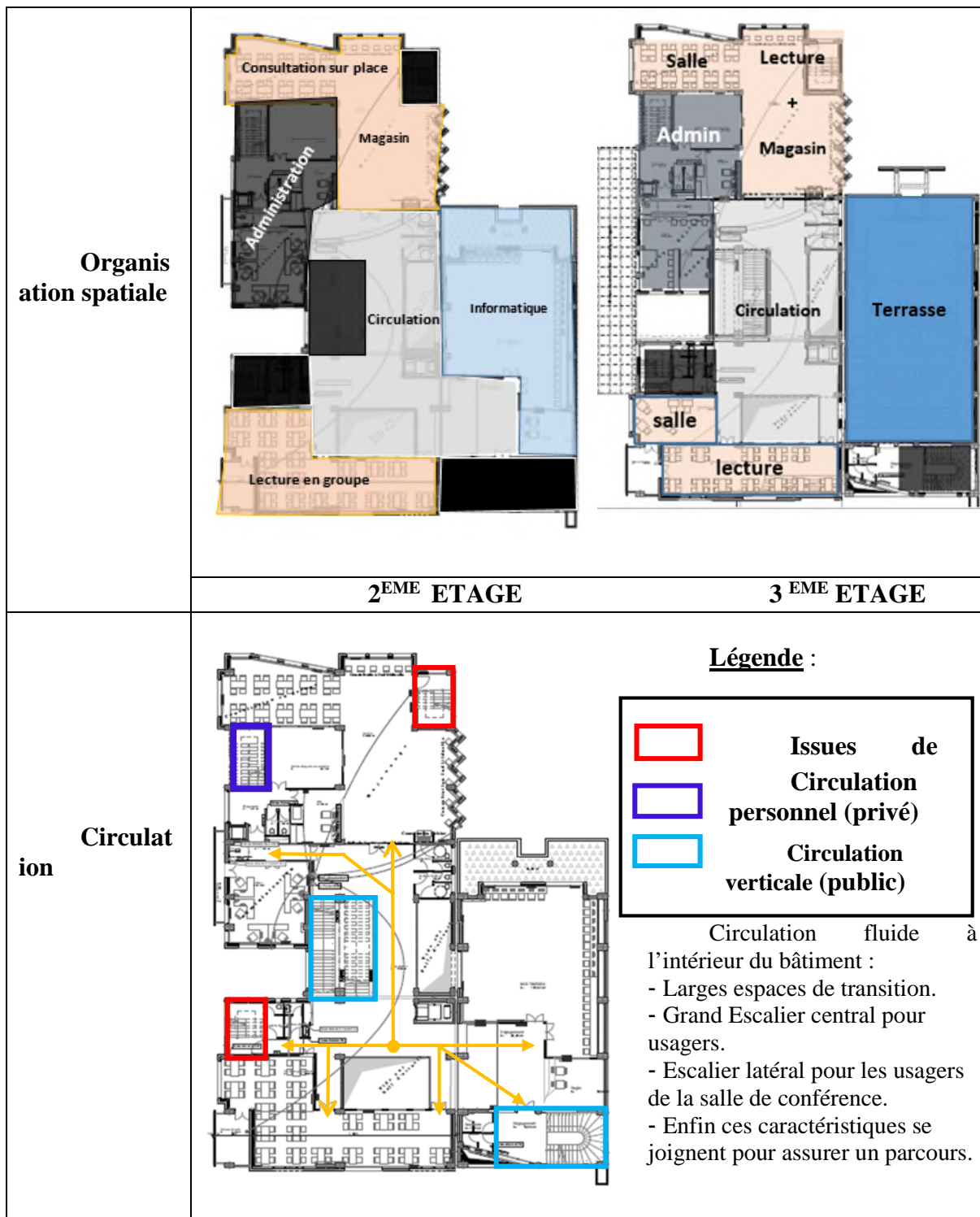
Volumétrie

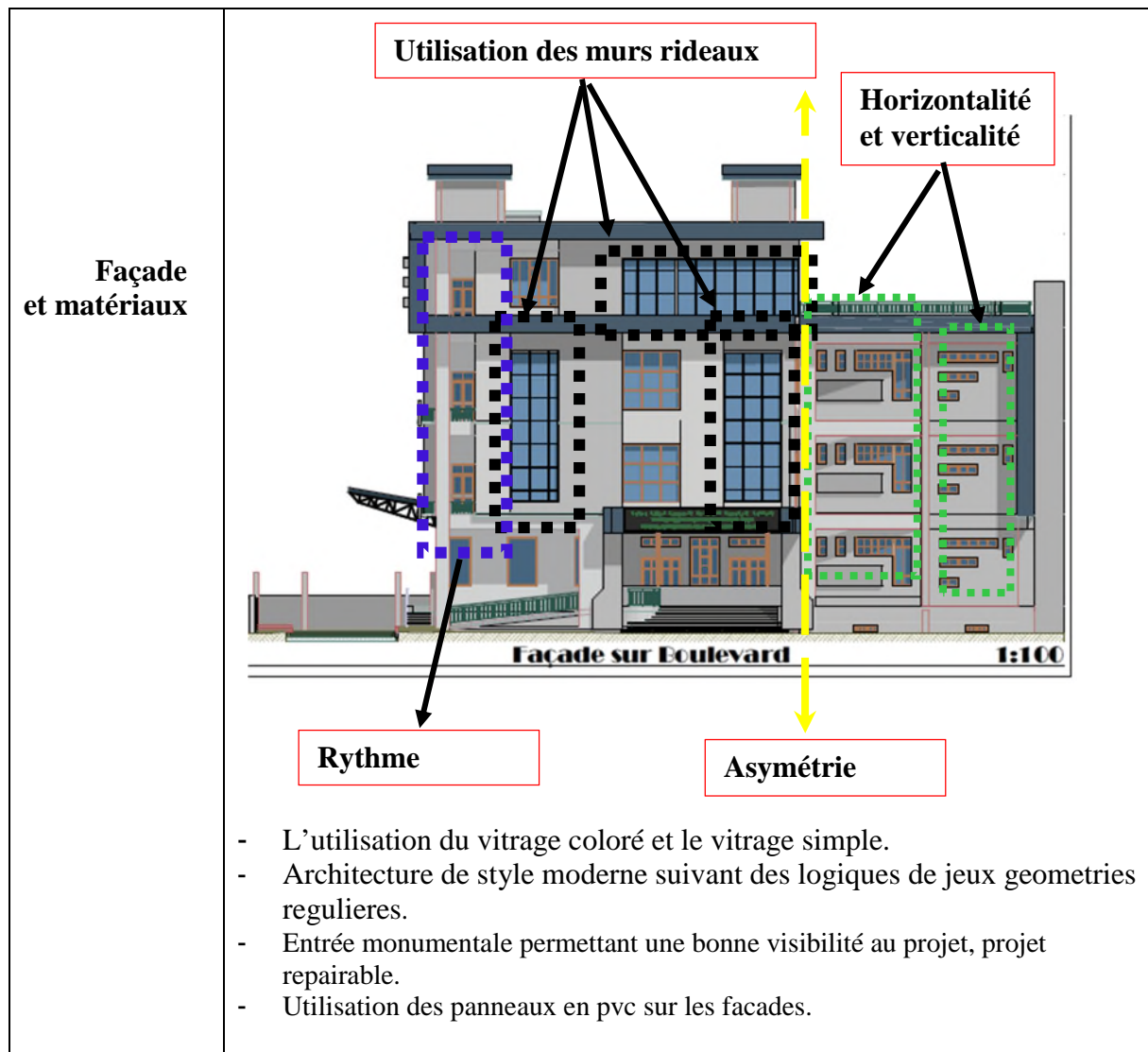


- le projet est inséré suivant l'alignement par rapport à son contexte et par rapport à la voie.
- Le projet est composé de deux volumes parallélépipédiques formant une barre en L suivant l'axe nord-ouest / sud –est

Organisation spatiale







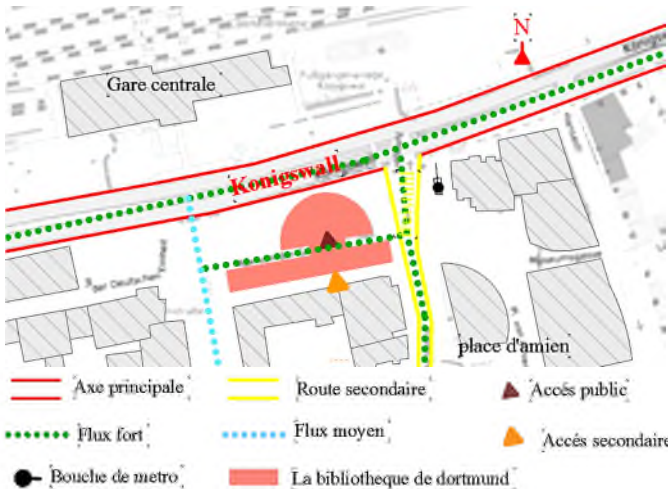
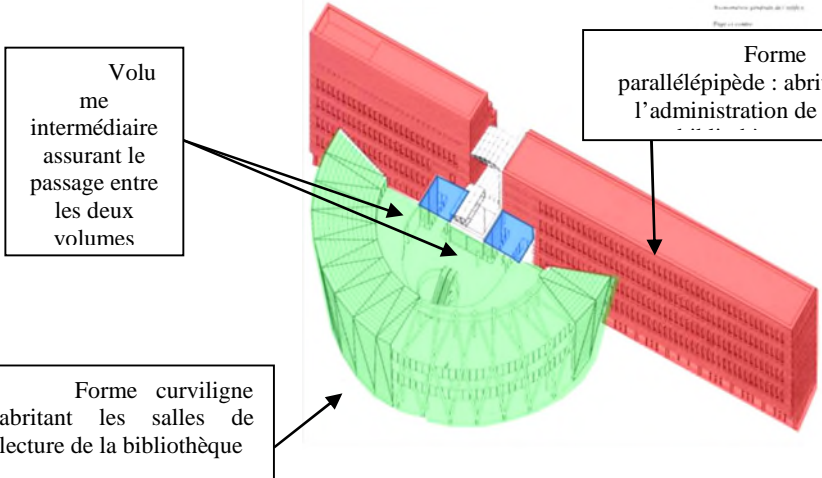
<p>Coupes</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'une structure poteau poutres, des murs en beton et maconnerie. - Système constructif antisismique par l'utilisation des voiles antisismiques .

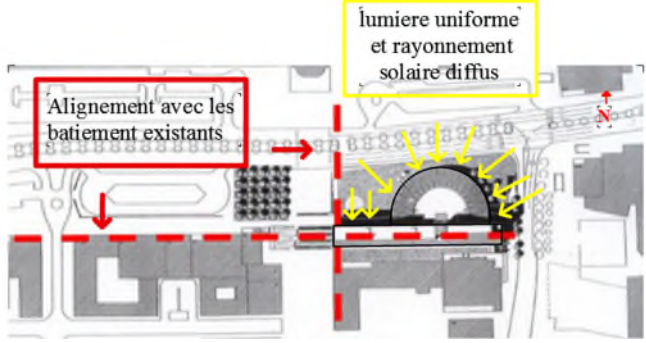
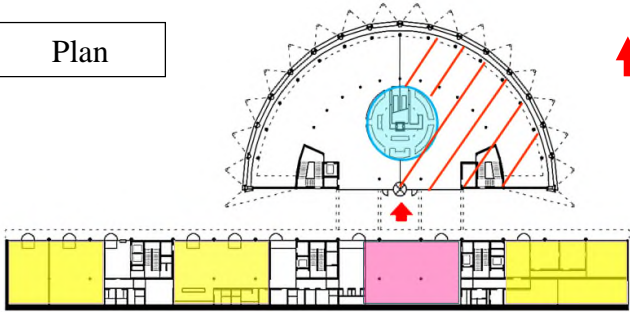
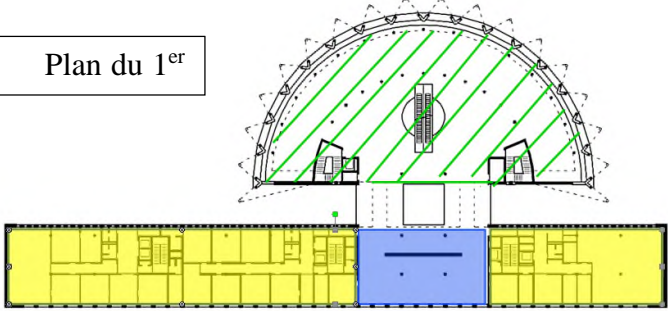
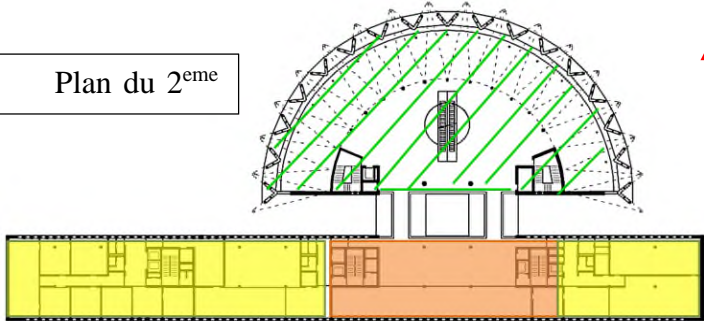
Synthèses d'analyse exemple 2 :

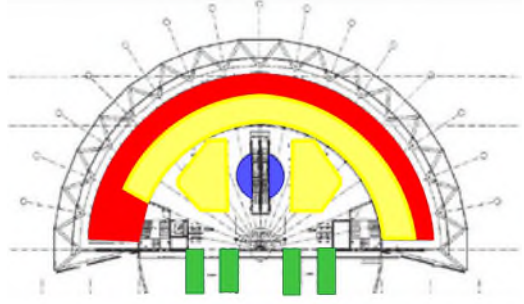
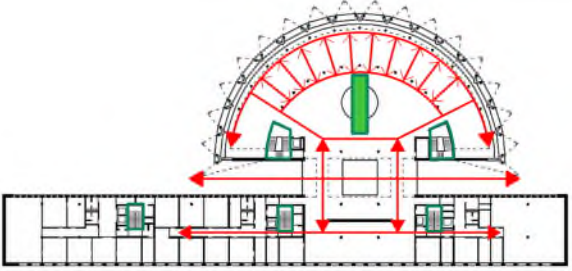
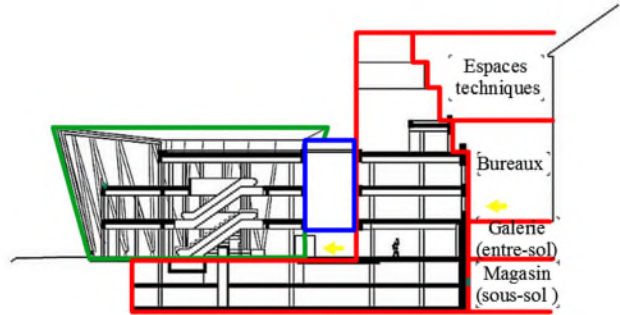
Annexe 2 : analyse de la bibliothèque de Dortmund

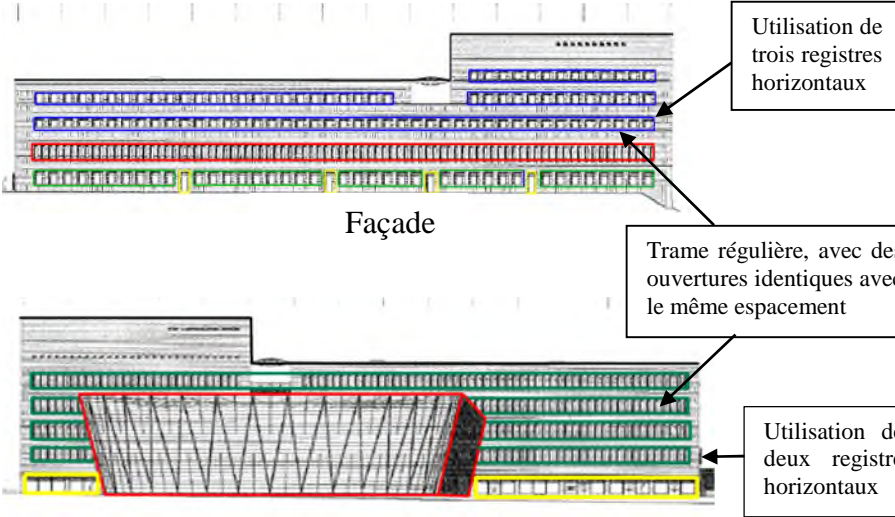
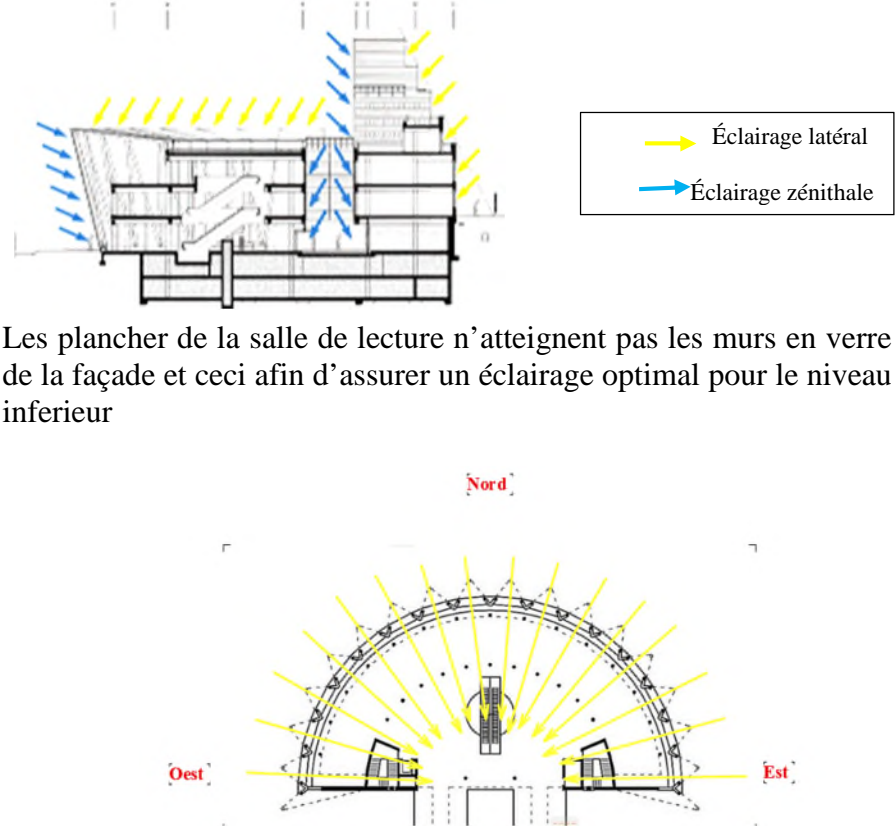
Caractéristique	Description
Présentation	<p>Projet : Bibliothèque régionale et d'état Dortmund Lieu : Dortmund, nord Rhénanie -Westphalie, allemande Date de construction : 1999</p>

	<p>Architecte : Mario Botta Surface du site : 7000 m² Surface totale brute : 141300 m²</p>
<p>Plan de situation</p>	<div data-bbox="571 445 1417 797" data-label="Image"> </div> <p>Situé à l'interface de développement urbain, la bibliothèque de Dortmund se trouve quasiment au centre de la ville juste en face de la gare principale</p> <p>Les voies ferrées et les ligne de métro se dirigent toutes vers cette zone de la ville où se trouve la bibliothèque</p>
<p>Plan de masse</p>	<div data-bbox="687 1301 1273 1666" data-label="Image"> </div> <p>La bibliothèque se trouve dans un quartier à caractère à la fois industriel et traditionnel</p> <p>Elle implanté sur une parcelle trapézoïdale et donne sur un axe principale de la ville , elle est complètement dégagé sur tous ses cotés sauf sur le côté sud est ou elle est bordé par un bâtiment R+6</p>

<p>Flux et circulation</p>	 <p>On distingue deux possibilités d'accès à la bibliothèque, un accès privé isolé du public se trouve derrière le bâtiment</p> <p>Un accès public se trouve entre les deux blocs de la bibliothèque</p> <p>Le choix de l'emplacement de cette entrée se justifie par la présence de galerie qui attirent un bon nombre de personnes, mais aussi par le flux provenant de la gare centrale, qui en traversant se trouve à proximité de l'entrée (côté ouest). Du côté est, il y a la présence d'une bouche de métro et la place d'Amiens,</p>
<p>Volumétrie</p>	 <p>Volume intermédiaire assurant le passage entre les deux volumes</p> <p>Forme parallélépipède : abritant l'administration de la</p> <p>Forme curviligne abritant les salles de lecture de la bibliothèque</p> <p>L'emploi de forme simple distincte abritant des fonctions différentes</p>

<p>Démarche conceptuelle</p>	 <p>lumière uniforme et rayonnement solaire diffus</p> <p>Alignement avec les batiments existants</p> <p>Les caractéristiques du site === >> élément directeur de la forme du bâtiment</p> <p>La bibliothèque s'est intégrée à son site par l'alignement de la barre a caractère traditionnel au bâtiments existant</p> <p>Le volume curviligne s'est intégrer par contraste a son environnement pas sa forme et son caractère contemporain</p>																
<p>Organisation spatiale</p>	<p>Plan</p>  <p>Plan du 1^{er}</p>  <p>Plan du 2^{eme}</p>  <table border="1" data-bbox="568 1814 1369 2011"> <tr> <td></td> <td>Section enfant</td> <td></td> <td>administrartion</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Salle de conférence</td> <td></td> <td>arthodeque</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Service de prêt</td> <td></td> <td>section adulte</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Salle d'exposition</td> <td></td> <td>service periodique</td> </tr> </table>		Section enfant		administrartion		Salle de conférence		arthodeque		Service de prêt		section adulte		Salle d'exposition		service periodique
	Section enfant		administrartion														
	Salle de conférence		arthodeque														
	Service de prêt		section adulte														
	Salle d'exposition		service periodique														

	<p style="text-align: center;">Aménagement de la salle de</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ■ Espace de lecture ■ Accueil ■ informatique </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> ■ rangement ■ espace </div> </div>
<p>Circulation</p>	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> — Circulation horizontale (escalier) — Circulation vertical (escalator) </div> <p style="margin-top: 10px;">La fluidité de la circulation horizontale est assuré par le plan libre de la bibliothèque . La fluidité de la circulation verticale et assuré par le nombre d’esclier et l’escalator central</p>
<p>Coupe</p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> □ Espace de lecture □ Espace interne </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> □ passage intermédiaire ▶ accès a la bibliotheque </div> </div>

	<p>Le sous sol abrite le magasin du livre , le circuit du livre est simplifié dans la bibliotheque de dortmund un monte-charge assure la distribution de ces livre au diffrents niveau</p>
<p>Façade</p>	 <p>Utilisation de trois registres horizontaux</p> <p>Trame régulière, avec des ouvertures identiques avec le même espacement</p> <p>Utilisation de deux registre horizontaux</p>
<p>Éclairage</p>	 <p>Éclairage latéral</p> <p>Éclairage zénithale</p> <p>Les plancher de la salle de lecture n'atteignent pas les murs en verre de la façade et ceci afin d'assurer un éclairage optimal pour le niveau inferieur</p> <p>L'orientation de la façade au nord-est et à l'ouest permet de bénéficier d'un éclairage favorable</p> <p>Le plan libre de la salle lecture et sa forme curviligne permet une meilleure diffusion et propagation des rayons de soleil</p>

<p>La démarche environnementale</p>	<p>-Une bonne strategie d'eclairage : En ouvrant la totalité de la facade de la bibliotheque ceci permettra un apport maximum de la lumiere natrel sans risque de surchaffe minimisant aisi les besoin en aclairage artificiel</p> <p>-Emploi de materiau ecologique : Emploi de la pierre naturelle en quartzite rouge pale, (bonne inertie thermique, régulation thermique naturelle ne provoque pas d'émanation, et toxique dans l'air préserve l'environnement en réduisant la quantité de déchet, possibilité de recyclage), Panneaux en verre transparent : matériau respectueux de l'environnement et recyclable</p> <p>Emploi de forme compacte : permettant de limiter les déperditions thermiques</p>
-------------------------------------	--

Synthese analyse du site :

Situation :



A l'échelle de la ville : Le site se situe à l'est de la ville de Bejaïa, au centre de la ville coloniale, sur le premier quartier de la plaine (quartier les babor) ; se trouve sur l'axe principale de la ville " la rue de la liberté reliant les deux pôles : centre-ville et l'université.

Au niveau du quartier : Le site est situé sur l'extrémité nord-ouest du quartier Shanghai sur l'avenue Touati Larbi

Choix du site :

le choix du site s'est porté sur « la place Ifri » pour des raisons justificatives sur différents aspects à savoir :

- **Situation stratégique :** situé au cœur de la ville coloniale de Bejaia, le site est fréquenté par toutes les tranches d'âge son éloignement par rapport au noyau historique permet de créer une séquence dans le premier quartier de la plaine (quartier de Shanghai), et la contribution à la création d'un parcours pour une ville mouvementée.

- Caractère culturel : concentration des activités culturelles en terme d'équipement et places publiques comme lieu d'échange entre les différentes générations, donc l'implantation d'un équipement répondant à la vocation du site, ayant une complémentarité avec ces équipements nous semble adéquate.
- Caractère historique : lieu de passage de plusieurs savants de différentes civilisations donnant au site une valeur riche en termes d'histoire.

Les aspects cités-supra nous permettent ainsi de garantir :

- L'alignement des équipements culturels sur un seul axe de la ville (allant de la fac, maison de la culture jusqu'au théâtre régional) et aboutir à un échange de modernité entre les deux secteurs
- La contribution du projet étant un équipement recevant du public à la recreation de la centralité afin de revaloriser le noyau historique permettant ainsi de rééquilibrer entre la ville coloniale et l'extension de la ville de Bejaia.

Schémas de synthèse de l'analyse du site :



Bibliographie :

- Lefèvre, P. (2012). *Ressources de l'architecture pour une ville durable*. Apogée.
- Bensenouci, A. (2006). *Étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide du logiciel de simulation DOE-2E* [Masters, École de technologie supérieure].156.<https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/482/>.
- Brochard, L.D. (2011). *Le développement durable : Enjeux de définition et de mesurabilité*. 103.
- Cantin, F. (2008). *Évaluation de la qualité lumineuse d'un environnement de travail éclairé naturellement*. 186.
- Cherqui, F. (2005). *Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier—Méthode ADEQUA*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14767.76963>
- Courgey, S., & Oliva, J.-P. (2012). *La conception bioclimatique : Des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation*. Terre vivante.
- Derghazarian, A. (2011). *Les méthodes d'évaluation du bâtiment et du cadre bâti durable*. 131.
- Gauzin muller, D. (2001). *L'architecture écologique, 29 exemples européens*. (2^e éd.). 13/11/2001.
- Guedes, M. C., & Cantuaria, G. (Éds.). (2019). *Bioclimatic Architecture in Warm Climates : A Guide for Best Practices in Africa*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12036-8>
- Guertin, P., & Poirier-Rouillard, V. (2017). Les bibliothèques et le développement durable : Un lien de plus en plus fort. *Documentation et bibliothèques*, 63(3), 5-17. <https://doi.org/10.7202/1041018ar>
- Kassis, F. (2019). *Haute qualité environnementale dans les espaces domestiques collectifs* [Thesis]. <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/3132>

- John R. Goulding, J. Owen Lewis—*Bioclimatic Architecture* (1997, Energy Research Group Universiti College Dublin)—*Libgen.lc.pdf*. (s. d.).
- Korichi, A., & Krada, S. (2013). *CONCEPTS EN ARCHITECTURE*. 8.
- Krauss, G., Lips, B., Virgone, J., & Blanco, E. (2006). *Modélisation sous TRNSYS d'une maison à énergie positive*. 7. <https://www.researchgate.net/publication/228556786>
- Lylia, B., & Sonia, F. (s. d.). *GARE MARITIME A BEJAIA*. 108.
- Messahal, A., Heddour, C., & Feniza, W. (2018). *ARCHITECTURE ET TECHNOLOGIE*. 104.
- Reed, R., Bilos, A., Wilkinson, S., & Schulte, K.-W. (2009). International Comparison of Sustainable Rating Tools. *Journal of Sustainable Real Estate*, 1(1), 1-22. <https://doi.org/10.1080/10835547.2009.12091787>
- Salah, M. K., Mohamed, M. D., Abdelkrim, M. C., & Samir, M. A. (2009). *Etude bioclimatique du logement social-participatif de la vallee du m'zab : cas du ksar de tafilelt*. 325.
- Tassadit, D., Samira, M., (2018). « *L'éclairage naturel dans les bibliothèques, entre l'intention du concepteur et la réalité d'utilisation*. » -Cas de la bibliothèque centrale du campus Targua Ouzemour, université de Béjaia. 147.
- Jhonny Gamboa, J. (2016). Analyse comparative de l'approche bioclimatique et de la méthode LEED en architecture. 125.
- Wallhagen, M., Glaumann, M., & Westerberg, U. (2008). Les outils de mesure de la durabilité des bâtiments. Comparaison transnationale. *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 105(1), 94-103. <https://doi.org/10.3406/aru.2008.2767>
- Suzer, O. (2015). A comparative review of environmental concern prioritization : LEED vs other major certification systems. *Journal of Environmental Management*, 154, 266-283. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.029>

- Doan, D., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A., & Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.007>
- Mehrabanigolzar, M. (2013). Evaluation du potentiel de durabilité d'un projet de rénovation urbaine en phase de préconception grâce à la conception à objectif désigné (COD). *Marché et organisations*, 17(1), 101. <https://doi.org/10.3917/maorg.017.0101>
- Reiter, S. (2014). *Le cas des stades à partir de l'étude sur la Ghelamco Arena*. 137.
- Rezaallah, A., Bolognesi, C., & Afghani Khoraskani, R. (2012). *LEED and BREEAM; Comparison between policies, assessment criteria and calculation methods*.
- Cantin, P. (2012). *LEED® en tant qu'outil de développement durable : Le cas d'un projet en Montérégie*. 211.
- Wallhagen, M., Glaumann, M., & Westerberg, U. (2008). Les outils de mesure de la durabilité des bâtiments. Comparaison transnationale. *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 105(1), 94-103. <https://doi.org/10.3406/aru.2008.2767>
- *Guide-Eclairage-GIF-Lumiere_WEB.pdf*. (2018).
- *ECLAIRAGE-PUBLIC-LIEUX DE TRAVAIL –STADES : Les normes européennes de l'éclairage-La-revue-de-l'éclairage_WEB.pdf*.(2004).
- Liebard, A. De Herde, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. Observ'ER.
- *Alto-Ingénierie. Les certifications internationales dans le contexte Canadien et Québécois : Retours d'expériences et perspectives.WEB-Pdf*. (2015)
- KHADRAOUI, M. A. (2019). *Étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique (Cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud*

et aride) [Doctoral, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA]. <http://thesis.univ-biskra.dz/4017/>

- *Benchmark des certifications internationales à l'échelle quartier | HQE - France GBC - Envirobat Oc.* (s. d.). <https://envirobat-oc.fr/Benchmark-des-certifications-internationales-a-l-echelle-quartier-HQE-France-GBC>
- *ECLAIRAGE PUBLIC LIEUX DE TRAVAIL STADES :Les normes européennes de l'éclairage/LUX-La revue de l'éclairage.*(2004),p-45-50.[362-ext.pdf \(afe-eclairage.fr\)](http://www.afe-eclairage.fr/362-ext.pdf)
- DAKHIA, A. (2019). *L'analyse du cycle de vie, comme stratégie de développement d'un bâtiment durable dans les milieux arides à climat chaud et sec. Cas de la ville de Biskra.* [Doctoral, Université Mohamed Khider – Biskra]. <http://thesis.univ-biskra.dz/4134/>
- Essabri, N. (2017). *Représentations, agir et justifications du développement durable chez les dirigeants de PME : Le cas des dirigeants de riads maisons d'hôtes à Marrakech.*
- Bled, E. (2012). *Analyse du développement durable local et de ses facteurs d'influence.* [These en préparation, Pau]. <http://www.theses.fr/s80698>
- Benteboula, A. (2017). *LE RENOUVELLEMENT URBAIN DURABLE A EMPREINTE ECOLOGIQUE.* [Working Paper]. <http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/2432>
- Berrehail, T.(2009). *La terre un matériau de construction, une alternative pour une solution durable—Sécheresse.* <http://www.secheresse.info/spip.php?article27240>
- Mandallena, C. (2006). *Elaboration et application d'une méthode d'évaluation et d'amélioration de la qualité environnementale de bâtiments tertiaires en exploitation* [These de doctorat, Bordeaux 1]. <https://www.theses.fr/2006BOR13207>
- Messis, M. (2016). *L'éclairage naturel dans les salles d'enseignements* [Thesis, Université Mouloud Mammeri]. <https://dl.ummtto.dz/handle/ummtto/13109>

- Weissenstein, C. (2012). *Éco-profil : Un outil d'assistance à l'éco-conception architecturale* [Phdthesis, Université de Lorraine]. <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01749903>
- Bontemps, S., Blatman, G., & Mora, L. (2014, mai 1). *Validation expérimentale de modèles dans le contexte de bâtiments basse consommation.*
- *Objectifs de développement durable | Les Nations Unies en Algérie.* (s. d.).<https://algeria.un.org/fr/sdgs>
- Lois. (s. d.). *Environnement Algérie.* <https://www.environnement-algerie.com/lois/>
- AfricaPresse.Paris. (2021, juillet 6). *L'Algérie s'essaie à l'habitat rural économe en énergie.* AfricaPresse.Paris. <https://www.africapresse.paris/L-Algerie-experimente-l-habitat>
- *Maison Rurale exemplaire—CNERIB.* (s. d.). construction21.org.<https://www.construction21.org/algerie/case-studies/h/maison-rurale-exemplaire---cnerib.html>
- *ÉVALUATION DES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES ET DU CONFORT THERMIQUE DANS L HABITAT : Cas des logements HPE de l OPGI de Blida. - PDF Téléchargement Gratuit.* (s. d.). <https://docplayer.fr/78322861-Evaluation-des-performances-energetiques-et-du-confort-thermique-dans-l-habitat-cas-des-logements-hpe-de-l-opgi-de-blida.html>
- Bouchama, C., & Mokhdar, A. (2019). *Vers une nouvelle forme d'habitat rural durable en Algérie. Eco lotissement en milieu rural à El Fahs « Beni Snous, Tlemcen ».* [Thesis]. <http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/15071>
- Sami Mecheri, S. (2012, avril 1). *Efficacité énergétique dans le bâtiment : Expérience Algérienne.*

- Algérie ; Législation nationale relative à la responsabilité et réparation Applicables aux dommages causés à la biodiversité URL :
- [full_report.pdf \(un.org\)](#)
- [BER6279.pdf \(umc.edu.dz\)](#)