

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 :

**Amélioration du confort thermique et psychologique des  
personnes à mobilité réduite**

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

Préparé par :

**SEBAIHI YASMINE**

<b>Mme BOUKHOLKHAL Khadidja</b>	<b>MAA</b>	<b>Département architecture de Bejaia</b>	<b>Président de jury</b>
<b>Dr. KHADRAOUI Mohamed Amine</b>	<b>MCB</b>	<b>Département architecture de Bejaia</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Dr. SARAOUI Selma</b>	<b>MCB</b>	<b>Département architecture de Bejaia</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr. MERZOUG Ferhat</b>	<b>MAA</b>	<b>Département architecture de Bejaia</b>	<b>Invité</b>

Année Universitaire 2021 – 2022

## ***Dédicace***

*Ce modeste travail, je le dédie tout d'abord*

*À la mémoire de mon très cher papa, Mr **SEBAIHI MUSTAPHA**, que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*À ma maman et ma tante qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années d'études. Qu'elles trouvent ici le témoignage de ma profonde gratitude.*

*À mes frères et sœurs, et Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.*

*À mes deux meilleures amies qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.*

*À ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.*

*À tous ceux que j'aime.*

*Merci !*

## **Remerciements**

*Mes remerciements vont avant tout au Dieu, le Tout-Puissant qui a bien voulu me donner la santé, la volonté et la patience pour commencer et terminer ce travail.*

*A toute ma famille proche et lointaine. Principalement à ma très chère mère **ZEHOUA BEKKA** et à ma très chère tante **DJAZIA OUADI**, ainsi qu'à tous mes frères et sœurs pour tout leur soutien, et leurs encouragements tout au long de mon parcours éducatif, allant du primaire à ma dernière année universitaire.*

*Tous mes remerciements à mon encadrant Monsieur **KHADRAOUI MOHAMED. A**, ainsi qu'à mon enseignante Madame **ATTAR SELMA**, un grand merci pour m'avoir encadré, orienté et conseillé.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma très chère sœur **LOUIZA SEBAIHI**, à ma très chère Tata **NORA KHELOUFI**, ainsi qu'à ma très chère belle-sœur **NADIRA BOUCHEFFA**, qui ont été d'un grand soutien durant toutes mes années en architecture.*

*Merci à mes deux meilleures amies, en particulier **SMAIL KAHINA** pour son soutien psychologique et sa présence à mes côtés à tout moment.*

*Pour finir, je ne peux m'empêcher de me dire merci à moi-même **YASMINE SEBAIHI**, chapeau à moi pour tout ce que j'ai donné et sacrifié pendant toutes ces années pour arriver à ce jour et à ce succès ; merci à moi encore une fois, car malgré toutes les difficultés, j'ai réussi à réaliser le souhait de mon père **MUSTAPHA SEBAIHI**, que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

## **Résumé**

En Algérie, la majorité des structures scolaires et d'accueil des personnes à mobilité réduite sont marquées par leur manque de confort thermique, ce constat est le résultat d'une mauvaise qualité architecturale constatée principalement dans l'utilisation de certains matériaux de construction, et des dispositifs architecturaux utilisés, qui influe négativement sur le fonctionnement thermique de ces structures, et détériore ainsi l'état psychologique de ses utilisateurs.

Pour faire face à cette situation, et contribuer à l'amélioration des conditions de scolarisation des enfants à besoins spécifiques, le présent travail vise à déterminer l'impact des matériaux les plus utilisés en Algérie et des dispositifs architecturaux sur l'aspect thermique des établissements scolaires en se basant sur l'étude de deux établissements scolaires situés dans la ville de Bejaia. La méthodologie de recherche est fondée sur une approche empirique, d'abord, en utilisant une enquête par questionnaire et en effectuant des mesures in situ des températures ambiante et extérieure, afin d'évaluer et d'estimer parallèlement le degré de bien-être des personnes handicapées par rapport à la qualité thermique et architecturale des écoles, et l'influence de ces facteurs sur leur confort psychologique. Pour conclure, une étude numérique par le logiciel de simulation thermique dynamique "ARCHIWIZARD" a été effectuée sur les mêmes bâtiments afin d'étudier et d'optimiser l'influence des matériaux les plus utilisés en Algérie et des dispositifs architecturaux sur les performances thermiques et énergétiques ainsi que sur le confort psychologique des personnes à mobilité réduite dans les écoles.

Les résultats de la recherche (partie théorique et pratique) ont permis de confirmer que l'inconfort thermique et la mauvaise qualité architecturale nuisent au confort psychologique des personnes à mobilité réduite lorsque ces derniers ne sont pas pris en compte lors de la conception. Effectivement, même le choix des matériaux et des dispositifs affecte le niveau d'efficacité énergétique ainsi que le confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite dans les bâtiments scolaires.

### **Mots clés**

Confort thermique, confort psychologique, personne à mobilité réduite, efficacité énergétique, matériaux, dispositifs architecturaux.

## ملخص

في الجزائر، تتميز الهياكل والمرافق الدراسية المخصصة للأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة بعدم توفر الرفاهية الحرارية. وهذا ناتج عن رداءة النوعية المعمارية، لا سيما في استخدام بعض مواد البناء والأجهزة المعمارية، مما يؤثر سلبيا على النوعية الحرارية لهذه الهياكل ويؤدي بالتالي إلى تدهور الحالة النفسية لمستخدميها. لمواجهة هذا الوضع، والمساهمة في تحسين الظروف التعليم للأطفال ذوي الاحتياجات الخاصة، هذا العمل يهدف إلى تحديد تأثير المواد البناء الأكثر استعمالا في الجزائر والأجهزة المعمارية على الأداء الحراري لهذه الأبنية إسنادا على دراسة ميدانية أجريت على مؤسستين مخصصة لهذه الفئة من الأشخاص في مدينة بجاية. تستند منهجية البحث على نهج تجريبي، أولاً، باستخدام استبيان وأخذ قياسات في الموقع، من أجل تقييم وتقدير درجة رفاهية المتعلقة بالنوعية الحرارية والمعمارية للمدارس، وتأثير هذه العوامل على راحتها النفسية. وأخيراً، أجريت دراسة رقمية باستخدام برنامج المحاكاة الحرارية الديناميكي "ARCHIWIZARD" على نفس المباني بهدف دراسة وتحسين تأثير بعض المواد والأجهزة المعمارية على الأداء الحراري والطاقي وكذلك على الراحة النفسية للأشخاص ذوي القدرة المحدودة في المدارس.

أكدت نتائج البحث (الجزء النظري والعلمي) أن البيئة الحرارية والجودة المعمارية الرديئة يؤثران سلبا على الراحة النفسية للأشخاص ذوي القدرة المحدودة عندما لا تأخذ بعين الاعتبار أثناء التصميم. في الواقع، حتى الاختيار مواد البناء والأجهزة يؤثر على مستوى كفاءة الطاقة بالإضافة إلى الراحة الحرارية والنفسية لهؤلاء الأشخاص داخل المباني المدرسية.

## الكلمات المفتاحية

الراحة الحرارية، الراحة النفسية، الأشخاص ذوي القدرة المحدودة، كفاءة الطاقة، مواد البناء، الميزات المعمارية.

## **Abstract**

In Algeria, the majority of school structures and reception of people with reduced mobility are marked by their lack of thermal comfort, this finding is the result of a poor architectural quality found mainly in the use of certain building materials, and architectural devices used, which negatively affects the thermal functioning of these structures, and thus deteriorates the psychological condition of its users.

To address this situation, and contribute to improving the conditions of schooling for children with special needs, this work aims to determine the impact of materials most used in Algeria and architectural devices on the thermal aspect of schools based on the study of two schools located in the city of Bejaia. The research methodology is based on an empirical approach, firstly, using a questionnaire survey and making in situ measurements of ambient and outdoor temperatures, in order to evaluate and estimate in parallel the degree of well-being of people with disabilities in relation to the thermal and architectural quality of schools, and the influence of these factors on their psychological comfort. To conclude, a numerical study by the software of dynamic thermal simulation "ARCHIWIZARD" was carried out on the same buildings in order to study and optimize the influence of the materials most used in Algeria and of the architectural devices on the thermal and energetic performances as well as on the psychological comfort of the people with reduced mobility in the schools.

The results of the research (theoretical and practical part) confirmed that thermal discomfort and poor architectural quality are detrimental to the psychological comfort of people with reduced mobility when they are not taken into account during the design stage. Indeed, even the choice of materials and devices affects the level of energy efficiency as well as the thermal and psychological comfort of people with reduced mobility in school buildings.

### **Key words**

Thermal comfort, psychological comfort, people with reduced mobility, energy efficiency, materials, architectural features.

## **Table des matières**

Résumés .....	i
Table des matières .....	iv
Liste des figures .....	ix
Liste des tableaux .....	xii
Nomenclature .....	xiii

### **CHAPITRE INTRODUCTIF**

1. Introduction .....	1
2. Problématique.....	2
3. Hypothèses .....	3
4. Contexte et objectifs de la recherche.....	3
5. Analyse conceptuelle.....	4
6. Méthodologie .....	5
7. Structure du mémoire .....	6

### **PREMIÈRE PARTIE : THEORIQUE**

#### **CHAPITRE I : La thermique et l'efficacité énergétique des bâtiments lie aux matériaux et dispositifs architecturaux**

Introduction .....	7
I.1. La thermique du bâtiment .....	7
I.1.2. La température comme concept .....	8
I.1.3. Le flux thermique .....	8
I.1.4. Les transferts thermiques .....	8
I.1.5. Les apports d'énergie dans le bâtiment .....	10
I.1.6. Les déperditions thermiques.....	11
I.1.7. Ponts thermiques .....	11
I.1.7.1. Traitement d'un pont thermique .....	12

I.1.8. Les grandeurs physiques liées à la thermique du bâtiment .....	12
I.1.9. La thermographie .....	13
I.1.10. Facteurs architecturaux affectant le confort thermique à l'intérieur.....	14
I.2. Efficacité énergétique .....	15
I.2.1. La notion d'énergie .....	15
I.2.2. La consommation énergétique du bâtiment et ses différents types .....	16
I.2.3. La consommation énergétique mondiale.....	16
I.2.4. Consommation énergétique en Algérie .....	17
I.2.5. Efficacité énergétique.....	17
I.2.5.1. L'importance de l'efficacité énergétique .....	18
I.2.5.2. Certifications énergétiques des bâtiments .....	18
I.2.5.3. Différents bâtiments à efficacité énergétique .....	18
I.2.5.4. Solution relative à l'amélioration de l'efficacité énergétique.....	19
I.2.5.5. La relation entre l'efficacité énergétique et les aspects architecturaux.....	21
I.3. Les matériaux de construction et les dispositifs architecturaux.....	21
I.3.1. Matériaux de construction .....	21
I.3.1.1. La performance thermique des matériaux de constructions et leurs influences ...	21
I.3.1.2. Les propriétés thermiques des matériaux .....	22
I.3.1.3. Les propriétés thermiques de certains matériaux de construction .....	22
I.3.1.4. Les isolants thermiques .....	23
I.3.1.4.1. Les principaux types d'isolations thermiques .....	23
I.3.1.4.2. Les caractéristiques thermiques de certains isolants .....	24
I.3.1.4.3. Les méthodes d'isolation.....	25
I.3.3. Les dispositifs architecturaux.....	26
I.3.3.1. Protections solaires .....	26
I.3.3.1.1. Principales fonctions des dispositifs de protection solaire .....	26
I.3.3.1.2. La classification des protections solaires.....	26
I.3.3.2. Les façades .....	27
I.3.3.2.1. Les fonctionnalités de la façade.....	28
I.3.3.2.2. Les critères permettant de déterminer le type de façade .....	28
I.3.3.2.3. Classification des façades .....	29
Conclusion.....	31

## **CHAPITRE II : Confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite**

Introduction .....	32
II.1. Le confort thermique .....	33
II.1.1. Les paramètres affectants le confort thermique .....	33
II.1.1.1. Les paramètres du confort thermique liés à l'individu .....	34
II.1.1.2. Les paramètres liés à l'environnement.....	35
II.1.2. Les échanges de chaleurs entre le corps et l'environnement thermique.....	37
II.1.2.1. Les échanges cutanés (QSK) .....	37
II.1.2.2. Les échanges respiratoires (Q <sub>Res</sub> ) .....	38
II.1.3. La plage de confort .....	38
II.1.4. Les aspects du confort thermique .....	39
II.1.4.1. L'aspect physiologique : Thermorégulation .....	39
II.1.4.2. L'aspect physique.....	39
II.1.4.3. L'aspect psychologique.....	39
II.1.5. Les différentes approches du confort thermique.....	40
II.1.5.1. L'approche adaptative .....	40
II.1.5.2. L'approche analytique.....	40
II.2. Le confort psychologique associé à l'espace architectural .....	41
II.2.1. La psychologie de l'espace .....	41
II.2.2. Naissance et évolution .....	41
II.2.3. Les principaux objectifs de la psychologie de l'espace.....	41
II.2.4. Définition de l'espace architectural .....	42
II.2.5. L'espace architectural et ses effets psychologiques sur l'occupant .....	42
II.2.6. Facteurs spatiaux ayant un effet sur le confort psychologique .....	42
II.3. Les personnes à mobilité réduite .....	43
II.3.1. Personnes handicapées.....	43
II.3.2. Histoire du mot « Handicap » .....	43
II.3.3. Les différents types de handicap.....	44
II.3.4. Causes liées aux différents types de handicaps.....	45
II.3.5. La prévalence mondiale du handicap.....	45
II.3.6. Prévalence du handicap en Algérie.....	45
II.3.7. Les Personnes handicapées au sein de la société algérienne .....	46
II.3.8. Le trouble du spectre autistique comme un type de handicap .....	46

II.3.8.1. Aperçu historique .....	46
II.3.8.2. Définition .....	47
II.3.8.3. Les symptômes de l'autisme .....	47
II.3.8.4. Niveaux de gravité de l'autisme .....	47
II.3.8.5. Les origines de l'autisme.....	48
II.3.8.6. Les différents types de l'autisme.....	49
II.3.8.7. Sensibilités sensorielles chez les personnes autiste.....	50
II.3.8.8. Les différents troubles de l'intégration sensorielle .....	50
II.3.8.9. Autisme et l'architecture .....	52
II.3.8.10. Quelques particularités architecturales des structures d'accueil adaptées aux enfants atteints de TSA .....	52
II.3.8.11. L'autismes en Algérie .....	55
Conclusion.....	56

## **DEUXIÈME PARTIE : PRATIQUE**

### **CHAPITRE III : Étude empirique des établissements scolaire des autistes à Bejaia**

Introduction .....	57
III.1. Présentation de la ville de Bejaia .....	57
III.2. Contextes climatiques de la ville de Bejaia.....	58
III.3. Etude quantitative (Prise de mesure sur terrain) .....	59
III.3.1. Présentation des cas d'étude .....	59
III.3.1.1. Cas d'étude N°01 : « L'école primaire les quatre chemins » .....	60
III.3.1.2. Cas d'étude N° 02 : Centre psychopédagogique - Sidi Ali Lebher .....	64
III.3.2. La semaine représentative de prise de mesures .....	66
III.3.3. Protocole de prise de mesure .....	66
III.3.4. Instruments de prise de mesure .....	67
III.3.5. Les endroits sélectionnés pour les prises de mesures .....	67
III.4. Etude qualitative (Enquête par un questionnaire) .....	69
III.5. Présentation et interprétation des résultats de l'étude empirique .....	71
III.5.1. Résultats de l'étude quantitative.....	71
III.5.2. Résultats de l'étude qualitative.....	73

Conclusion.....	80
-----------------	----

## **CHAPITRE IV : Optimisation numérique du confort thermique des établissements scolaires des autistes**

Introduction .....	81
V.1. La simulation thermique dynamique :.....	81
V.1.1. Les champs d'application et les objectifs de la simulation thermique dynamique .....	82
V.1.2. Présentation de logiciel de la modélisation « ArchiCAD ».....	82
V.1.3. Présentation de logiciel de simulation « ArchiWIZARD » .....	83
V.1.4. Protocole de la simulation .....	85
V.1.5. Période de la simulation .....	86
V.1.3.6. Les principales étapes de la simulation thermique dynamique .....	86
V.2. Présentation des différents scénarios de la simulation thermique dynamique .....	87
V.2.1. Scenario 01-Etude de l'impact d'une composition ordinaire du mur extérieur .....	87
V.2.2. Scenario 02-Etude de l'impact de certains matériaux de construction « Isolants » .....	88
V.2.3. Scenario 03-Etude de l'impact des dispositifs architecturaux « façade ventilé » .....	90
V.3. Présentation et interprétation des résultats de la simulation thermique dynamique.....	91
V.3.1. Résultat de l'impact d'une composition ordinaire du mur extérieur .....	93
V.3.2. Résultat de l'impact de certains matériaux de construction « Isolants ».....	94
V.3.3. Résultat de l'impact certains des dispositifs architecturaux « façade ventilé » .....	95
V.3.4. Résultat des besoins énergétiques.....	96
Conclusion.....	98
Coclusion générale .....	99
Recommandations .....	100
Les limites de la recherche .....	101
Perspectives de recherche.....	101
Bibliographie.....	100
Annexes .....	101
Annexe A.....	104
Annexe B.....	105
Annexe C.....	111

## Liste des figures

Figure 1: Schéma de l'analyse conceptuelle.....	4
Figure 2: Schéma récapitulatif de la structure du mémoire .....	6
Figure 1.1: transmission de la chaleur par convection .....	8
Figure 1.2: transmission de la chaleur par conduction.....	9
Figure 1.3:transmission de la chaleur par rayonnement .....	9
Figure 1.4: Apports d'énergie dans les bâtiments.....	10
Figure 1.5: Les déperditions thermique dans un bâtiment .....	11
Figure 1.6: Ponts thermiques des liaisons .....	11
Figure 1.7:Ponts thermiques des intégrés.....	12
Figure 1.8: Exemples d'images thermiques.....	13
Figure 1.9: Schéma récapitulatif des facteurs intrinsèques influant sur la thermique du bâtiment.....	14
Figure 1.10: Schéma récapitulatif des facteurs intrinsèques influant sur la thermique du bâtiment.....	15
Figure 1.11: Consommation énergétique finale par secteur de l'union européenne 2000- 2014 .....	16
Figure 1.12: Diagramme de la consommation finale d'énergie en Algérie.....	17
Figure 1.13: Les solution de l'efficacités énergétique des bâtiments .....	20
Figure 1.14:Les aspects architecturaux fondamentaux pour une construction énergétiquement efficace .....	21
Figure 1.15: Certains matériaux d'isolation thermique.....	24
Figure 1.16: Isolation par l'extérieure .....	25
Figure 1.17: Isolation par l'intérieure .....	25
Figure 1.18: : Exemples des dispositifs de protections solaires .....	26
Figure 1.19: Schéma de classification des dispositifs de protection solaire .....	27
Figure 1.20: Façades ancienne et moderne .....	27
Figure 1.21: Les critères du choix d'une façade .....	28
Figure 1.22: Schéma illustrant les types de façades en tenant compte de leur forme .....	29
Figure 1.23: Schéma illustrant les types de façades en tenant compte des matériaux .....	29
Figure 1.24: Schéma illustrant les types de façades selon le principe de fonctionnement .....	30
Figure 1.25: Schéma illustrant les types de façades selon le type d'enveloppe. ....	31
Figure 2.1: Les 6 facteurs qui influencent le confort thermique .....	33
Figure 2.2:La température de confort en fonction du métabolisme et des différentes activités .....	34
Figure 2.3: L'isolement vestimentaire .....	34
Figure 2.4: la température de confort sous l'influence de la température de l'air et de celle des parois .....	35

Figure 2.5: la plage de taux d'humidité ambiante .....	36
Figure 6: la température de confort en fonction de la vitesse de l'air .....	36
Figure 2.7: Les différents échanges de chaleur entre le corps et son environnement .....	37
Figure 2.8: Plage de confort hygrothermique.....	38
Figure 2.9: Graphique adaptatif du confort thermique selon la norme ASHRAE 55-2017.....	40
Figure 2.10: Certains types de handicap .....	44
Figure 2.11: Les causes des différents types de handicaps .....	45
Figure 2.12: Schéma récapitulatif des facteurs responsables de l'autisme .....	48
Figure 2.13: Schéma indiquant les troubles de la modulation sensorielle .....	50
Figure 2.14: Schémas d'organisation des centres d'accueil pour autistes .....	52
Figure 2.15: Une variété de formes, d'ambiances et d'espaces pour combler tous les besoins .....	53
Figure 2.16: Les éléments assurant le confort thermique dans les établissements accueillant des personnes autistes.....	55
Figure 3.1: Carte illustrant la localisation de la ville de Béjaïa .....	57
Figure 3.2 : Valeurs des températures moyennes mensuelles .....	58
Figure 3.3 : Graphe de valeurs des précipitations annuelles .....	59
Figure 3.4: Les deux cas d'études .....	59
Figure 5: Emplacement de l'école primaire les 04 chemin.....	60
Figure 3.6 : Plan de masse représentant les limites du 1er cas d'étude .....	61
Figure 3.7: les différents plans du cas d'étude.....	61
Figure 3.8 : Coupe schématique du mur extérieur des mur en contact avec l'extérieure .....	62
Figure 3.9 : Façades du 1er cas d'étude .....	63
Figure 3.10 : Situation du centre psychopédagogique de Sidi Ali lebher .....	64
Figure 11 : Plan de masse représentant les limites du 2ème cas d'étude.....	64
Figure 3.12 : Plan de masse du centre psychopédagogique de Sidi Ali Lebher .....	65
Figure 3.13: Quelques images du centre psychopédagogique de sidi Ali Lebher .....	65
Figure 3.14 : Thermomètre hygromètre numérique LCD intérieur / extérieur – Ta138+.....	67
Figure 3.15 : Plan du 1er étage (étage intermédiaire) de l'école primaire.....	68
Figure 3.16 : Plan de masse du centre psychopédagogique de Sidi Ali Lebher .....	69
Figure 3.17 : Graphes des températures extérieure et ambiante mesurées le 19-12-2021 dans le 1er cas d'étude (école primaire les quatre chemins) .....	71
Figure 18: Graphes des températures extérieure et ambiante mesurées le 19-12-2021 dans le 2ème cas d'étude (centre psychopédagogique - Sidi Ali Lebher) .....	72
Figure 3.19 : La sensation thermique des travailleurs dans des conditions naturelles.....	74
Figure 3.20 : La satisfaction thermique des travailleurs dans des conditions naturelles .....	74
Figure 3.21 : le temps et la fréquence d'utilisation des équipements de chauffage et de climatisation .....	75
Figure 3.22 : La satisfaction thermique des employés après l'utilisation des équipements de climatisation et de chauffage.....	75
Figure 3.23 : Le pourcentage de la population estimant que les appareils de climatisation et de chauffage consomment trop d'énergie.....	76

Figure 3.24 : Le pourcentage de la population croyant que les appareils de climatisation et de chauffage ont une influence négative sur notre environnement et notre santé .....	76
Figure 3.25 : Satisfaction des personnes handicapées face aux conditions thermiques dans la salle de classe, dans des conditions naturelles .....	77
Figure 3.26 : Les façons dont les personnes handicapées expriment leur sensation thermique en été et en hiver.....	77
Figure 3.27 : Satisfaction des personnes handicapées en matière de confort thermique après utilisation du chauffage et de la climatisation .....	78
Figure 3.28 : la qualité architecturale des salles de classe de certains établissements accueillant des personnes handicapées.....	78
Figure 3.29 : Facteurs influençant la qualité architecturale des espaces.....	79
Figure 3.30 : impact de la qualité architecturale et thermique sur l'état psychologique de ces personnes handicapées, et le degré de son importance .....	79
Figure 4.1 : Création de la maquette numérique du modèle étudié.....	82
Figure 4.2 :Logiciel employé dans la simulation thermique dynamique « ArchiWIZARD ».	83
Figure 4.3 : Interface du logiciel employé dans la simulation thermique dynamique « ArchiWIZARD ».....	84
Figure 4.4 : Les différents modules d'ArchiWIZARD.....	84
Figure 4.5 : Schéma récapitulatif de l'étude numérique .....	85
Figure 4.6 : Coupes schématiques du mur extérieur des mur en contact avec l'extérieure .....	87
Figure 4.7: Coupes schématiques d'un mur extérieur après l'utilisation d'un isolant.....	89
Figure 4.8: Panneau de verre cellulaire.....	90
Figure 4.9 : Coupes schématiques d'un mur extérieur après l'utilisation d'un dispositif architectural.....	90
Figure 4.10 : Données météorologiques de température pour la ville de Bejaïa .....	92
Figure 4.11 : Graphes des températures extérieures et ambiantes simulées .....	93
Figure 4.12 : Graphes des températures extérieures et ambiantes simulées après utilisation de l'isolation .....	94
Figure 4.13 : Graphe des températures extérieures et ambiantes simulées après utilisation d'un dispositif de façade ventilée .....	95
Figure 4.14 : Besoins énergétiques annuels (chauffage et climatisation) des trois scénarios simulés.....	96

## Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Les propriétés thermique de certains matériaux.....	22
Tableau 1.2 : Les propriétés thermique de certains isolants .....	24
Tableau 2.1 : Les différents niveaux de sévérité de l'autisme .....	48
Tableau 3.1 : Fiche technique du cas d'étude .....	60
Tableau 3.2 : les matériaux de construction constituant le mur extérieur.....	62
Tableau 3.3 : les caractéristiques thermiques des matériaux .....	63
Tableau 3.4 : la semaine et la journée représentatives de la période hivernale et estivale.....	66
Tableau 3.5 : les caractéristiques de lieu des prises de mesures, 1er cas d'étude .....	68
Tableau 3.6 : les caractéristiques des lieux des prises de mesures, 2èmes cas d'étude .....	69
Tableau 4.1 : les caractéristiques thermiques des matériaux .....	88
Tableau 4.2 : les caractéristiques thermiques d'un mur extérieure avec un isolant .....	89
Tableau 4.3 : les caractéristiques thermiques d'un mur extérieure avec un dispositif de la façade ventilée l'isolant.....	91
Tableau 4.4 : la consommation énergétique annuelle des trois scénarios simulés.....	97

## Nomenclature

### Abréviation

PMR: personnes à mobilité réduite.

ONS : office nationale des statistiques.

OEN : orientation de l'éducation nationale.

IEA : l'agence internationale de l'énergie.

CEREFÉ : le Commissariat aux énergies renouvelables et à l'Efficacité énergétique.

FIEEC : Fédération des Industries Electriques, Electroniques et de Communication.

OMS : organisation mondiale de la santé.

DSM : Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux.

CIM : Classification Internationale des Maladies 10ème édition.

### Indices

M Le métabolisme ( $w/m^2$ ).

R La résistance thermique ( $m^2.k/w$ ).

Ta La température ambiante de l'air ( $^{\circ}C$ ).

Tp La température des parois ( $^{\circ}C$ ).

Text Température extérieure ( $^{\circ}C$ ).

Top Température opérative  $^{\circ}C$ .

HR L'humidité relative de l'air (%).

C Chaleur spécifique ( $Kj/kg.k$ ).

### Symboles

$\lambda$  Conductivité thermique ( $W/m.^{\circ}C$ ).

$\rho$ : Chaleur spécifique ( $Wh/kg.^{\circ}C$ ).

$\rho_c$ : Chaleur volumique ( $Wh/m^3.^{\circ}C$ ).

$\phi$  : Quantité de chaleur transférées en J

$\Delta t$  : Unité de temps en S.

---

---

# Chapitre introductif

---

---

*« Je réalise mes architectures en me demandant comment je pourrais concevoir des choses qui restent gravées dans l'âme des hommes pour l'éternité »*

*Tadao Ando*

# Chapitre introductif

## 1. Introduction

L'architecture, comme toutes les autres sciences, est confrontée à la question de l'existence de l'homme, considéré comme le principal instrument qui nous rapproche de l'espace et qui conduit au développement architectural, grâce à sa capacité d'adaptation aux différents milieux dans lesquels il vit et à ses propriétés que les autres êtres vivants ne possèdent pas. A partir des recherches effectuées dans le domaine de la neuroscience et de la psychologie architecturale, nous constatons que le contact de l'homme avec son environnement bâti influence continuellement son vécu, son bien-être, ses activités, ses sensations et même ses comportements de multiples façons (ANTHES, 2009).

De ce fait, l'homme doit être positionné au cœur du processus de conception puisque l'architecture centrée sur l'homme apporte des solutions aux problèmes en se focalisant sur le contexte, les conditions environnementales et climatiques, les comportements et les émotions des occupants, cette architecture vise toujours à optimiser positivement les interactions entre le corps et les espaces architecturaux ainsi qu'à concevoir des lieux qui favorisent la créativité, l'attention et la convivialité et qui répondent parfaitement à leurs exigences et surtout leurs assurent le confort (Damas, 2020).

Le confort au sein d'un espace est un concept complexe à définir, dépend de plusieurs circonstances, des différents degrés de tolérance face à l'inconfort, mais aussi de la pluralité des paramètres qu'il intègre (physiques, physiologiques, voire psychologiques). Il est à noter que cela diffère également d'un individu à l'autre, en fonction de sa perception sensorielle, un environnement peut être considéré comme confortable, s'il est capable de fournir des conditions appropriées de confort thermique, de confort visuel et de qualité de l'air (Dounis & Caraiscos, 2009 ; Castilla et al., 2014).

Les critères d'une ambiance architecturale (température, humidité, qualité de l'air, luminosité, bruit, etc.), déterminent le type et le niveau de confort d'un espace. A titre d'exemple la température ressentie à l'intérieur est l'indicateur clé du confort thermique qui constitue une des étapes clés du bien-être, c'est peut-être même le plus déterminant des états financiers d'une

construction donnée, il n'est pas seulement une lecture sommative de la qualité des ambiances intérieures, c'est aussi l'outil qui permet de voir clairement la quantité d'énergie consommée et l'influence de cette dernière sur la santé et l'état psychologique de l'occupant (Xiong, et al., 2015). Ce même occupant réagit involontairement à la température et passe plus de 80% de son temps dans des espaces intérieurs (Kolokatsa et al., 2001). Lorsqu'il fait chaud ou très froid, notre rythme cardiaque s'accélère, le pouls est plus fort, notre pression artérielle augmente et notre taux de cortisol s'élève, nous aurons donc tendance à nous sentir plus irritables et agressifs, mais les réactions varient d'un individu à l'autre (Gratreau, sd), cela ne met en évidence qu'une petite partie de l'inconfort et du malaise qui peuvent survenir lorsque la température dépasse la plage de confort, physiologiquement et psychologiquement, que ce soit chez une population normale ou anormale.

Ce travail de recherche approfondira ce sujet, tout d'abord, la relation entre la thermique du bâtiment et la consommation d'énergie dans un bâtiment, considéré comme le plus grand consommateur d'énergie au monde (Valderrama-Ulloa, 2013 ; Velazquez-Romo, 2015 ; Omrany & al., 2016). Ensuite, il traitera la question du confort thermique, du confort psychologique lié à la qualité architecturale, et également leur influence sur une population atypique. La finalité est de trouver des solutions architecturales et techniques capables de contribuer à l'amélioration de la qualité thermique et architecturale tout en réduisant les besoins énergétiques et en créant des ambiances plus adaptées aux besoins spécifiques des utilisateurs.

## **2. Problématique**

Chaque individu dans la société, quelle que soit sa situation, sa catégorie d'âge et qu'il soit capable d'exprimer ses besoins ou non, a le droit de vivre dans un espace bien conçu et confortable, tout comme son droit à l'éducation et à scolarisation. Nous tenons à souligner de ce fait qu'il existe aussi des usagers de l'espace qui ne sont pas en mesure d'exprimer clairement leurs besoins et leurs sentiments, et qui sont parfois les plus affectés par les facteurs thermiques, Il s'agit des personnes à mobilité réduite. La chaleur, l'humidité et les courants d'air ressentis à l'intérieur d'un espace influencent directement le bien-être, la perception et le comportement que peuvent avoir ces personnes à mobilité réduite dans un espace donné.

L'Algérie compte environ deux millions de personnes handicapées, selon l'ONS<sup>1</sup>, dont seulement une minorité sont prises en charge scolaire alors que ce dernier est un droit

---

<sup>1</sup> ONS : office nationale des statistiques

constitutionnel selon la loi d'OEN<sup>2</sup>, dans des structures de faible qualité architecturale et qui n'offrent aucun confort thermique ; de plus, ce sont des bâtiments énergivores par excellence. Toutes ces carences entraînent une détérioration de l'état psychologique de cette catégorie fragile.

C'est dans ce contexte, que cette recherche se propose pour mettre sous la lumière les tenants et aboutissants inhérents à cette catégorie de personnes. Ce qui suscite les questionnements suivants :

**L'inconfort thermique et l'absence de la qualité architecturale de l'espace influent-ils négativement sur l'état psychologique des personnes à mobilité réduite ?**

**L'usage de certain matériaux et dispositifs architecturaux peut-il assurer la performance énergétique et thermique, et améliorer le confort psychologique des PMR dans les établissements scolaires ?**

### **3. Hypothèses**

Pour faire face à la problématique posée, les hypothèses suivantes ont été élaborées :

-L'**environnement thermique** et architectural nuit au **confort psychologique** des personnes à mobilité réduite lorsqu'il est mal conçu.

-Le choix adéquat de certains **matériaux** et **dispositifs** peut garantir un niveau élevé **d'efficacité énergétique** ainsi qu'un confort **thermique et psychologique** des personnes à mobilité réduite dans les bâtiments scolaires.

### **4. Contexte et objectifs de la recherche**

Ce travail de recherche est centré sur la dure réalité des personnes handicapées en Algérie, et plus précisément sur le cas de Bejaïa, qui souffre d'une absence totale en termes de structures éducatives réalisées avec une haute qualité architecturale et thermique et spécialement conçues pour cette catégorie de personnes. En ce sens, et à partir du diagnostic établi sur la situation des PMR, l'objectif principal est « d'aider les enfants aux besoins spécifiques de la wilaya de Bejaïa à être scolarisés dans un environnement adapté à leurs particularités thermiques et psychologiques, et en leur offrant un apprentissage qui les aidera dans l'acquisition de leur autonomie afin d'affronter le monde des personnes atypiques ».

---

<sup>2</sup> OEN : orientation de l'éducation nationale

Cette recherche a également d'autres objectifs spécifiques tels que :

- Comprendre comment les personnes handicapées réagissent vis-à-vis de l'inconfort thermique et la manière dont cela influence leur état psychologique.
- Déterminer l'impact des matériaux et des dispositifs architecturaux sur l'aspect thermique des espaces conçus pour cette catégorie de personne et la manière dont ils agissent sur leur aspect psychologique.

## 5. Analyse conceptuelle

Cette analyse conceptuelle offre la possibilité d'identifier les concepts figurant dans les hypothèses avancées et de les décomposer en variables indépendantes et dépendantes.

- **L'environnement thermique** et architectural nuit au **confort psychologique** des personnes à mobilité réduite lorsqu'il est mal conçu.

- Le choix adéquat de certains **matériaux et dispositifs** peut garantir un niveau élevé **d'efficacité énergétique** ainsi qu'un **confort thermique et psychologique** des personnes à mobilité réduite dans les bâtiments scolaires.

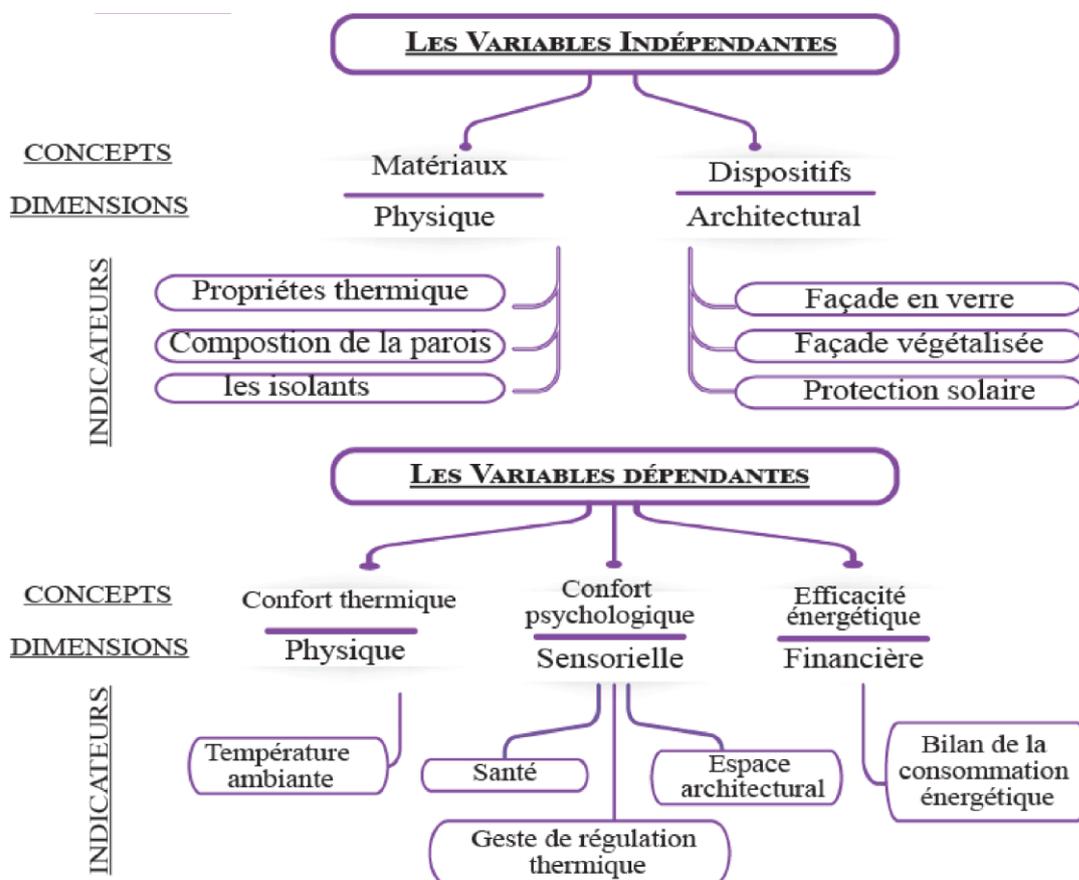


Figure 1 : Schéma de l'analyse conceptuelle (Source : Auteur, 2021)

## 6. Méthodologie

Nous avons mis en œuvre dans cette recherche une approche méthodologique adaptée à la pluridisciplinarité du thème. La première partie exposera les bases théoriques sur lesquelles nous allons construire notre recherche à partir d'une étude bibliographique et documentaire (livres, thèses, articles, etc.).

Par la suite, un travail de terrain va être élaboré pour évaluer le niveau du confort thermique dans un centre de traitement existants à Bejaia afin de déterminer l'influence du choix des matériaux et dispositifs de construction sur la qualité thermique, tout en s'appuyant sur la méthode empirique, des mesures effectuées in situ à l'aide d'un thermomètre (étude quantitative), ainsi qu'une étude qualitative à partir d'un questionnaire pour étudier l'impact de ce dernier sur l'aspect psychologique des personnes à mobilité réduite.

Cette recherche sera complétée par une simulation numérique, afin de valider les résultats pour les périodes où nous n'avons pas pu effectuer de mesures. Puis nous confronterons l'ensemble des résultats obtenus pour une discussion et une interprétation globale afin de faire émerger des recommandations.

## 7. Structure du mémoire

Pour pouvoir répondre aux différentes questions posées précédemment et vérifier la validité des hypothèses que nous avons soulevées, ce mémoire s'articulera autour de deux grandes parties divisées en quatre chapitres, le tout débutera par un chapitre introductif et se terminera par une conclusion générale.

Le chapitre introductif contient l'introduction générale qui récapitule la portée de l'étude, la problématique et les hypothèses. Détermine le contexte et les objectifs ainsi que l'analyse conceptuelle, présente la méthodologie de recherche adoptée et, à la fin, il expose la structure générale du travail.

**La Partie théorique** consiste à comprendre les différents concepts et notions clés liées à notre thème tout en s'appuyant sur des recherches bibliographiques et documentaires. Elle comporte trois chapitres.

**Le premier chapitre** cherche à définir correctement la thermique du bâtiment et l'efficacité énergétique en analysant les informations existantes et la relation entre eux elles, tout en signalant l'impact des matériaux et des dispositifs architecturaux sur ces deux paramètres.

**Le deuxième chapitre** abordera l'aspect psychologique lié au confort thermique puis procédera à la clarification du concept des PMR et fournira un maximum d'informations à travers la présentation des généralités, des définitions, des normes et des facteurs qui les influencent ainsi que les différents établissements conçus pour eux. Par la suite, il ciblera les impacts des différentes conditions thermiques internes sur l'état psychologique de cette catégorie d'enfants qui constituera l'essentiel de cette partie.

**La partie pratique** comporte deux chapitres, le troisième chapitre, portera sur la présentation du déroulement de l'étude empirique d'un cas réel, le protocole à suivre, l'instrument de mesure thermomètre à utiliser ainsi que les résultats et leurs interprétations.

**Le quatrième chapitre** sera consacré à la simulation numérique à l'aide d'un logiciel de simulation thermique dynamique.

**La conclusion générale** exposera les éléments tirés de ce travail, les recommandations architecturales et techniques qui seront établies dans le projet final afin d'améliorer le confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite dans les centres de traitement.

La figure 2 illustre un schéma qui synthétise la structure du mémoire.

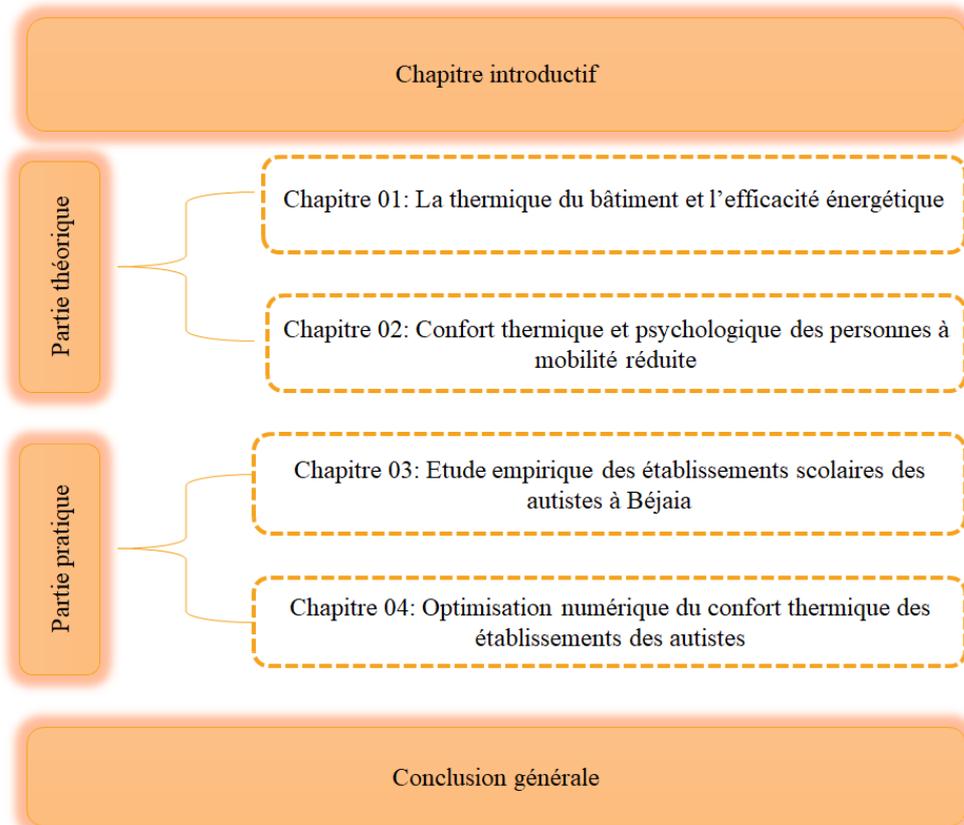


Figure 2 : Structure du mémoire (Source : Auteur, 2021)

# **Partie théorique**

---

---

## **CHAPITRE I :**

La thermique du bâtiment et l'efficacité énergétique des  
bâtiments

---

---

# **CHAPITRE I : La thermique et l'efficacité énergétique des bâtiments lie aux matériaux et dispositifs architecturaux**

## **Introduction**

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons à la question de la thermique du bâtiment et à celle de l'efficacité énergétique, autrement dit et dans le cadre de notre recherche, nous allons clarifier les notions de base de la thermique du bâtiment à travers la présentation de ses différentes définitions, les différents modes de transferts, ainsi que les éléments qui peuvent l'influencer. En second lieu, on traitera la problématique de l'efficacité énergétique qui est de plus en plus associée au secteur du bâtiment, en effet, celui-ci consomme près de 40% de la consommation mondiale, il est donc devenu un secteur énergivore, véritable préoccupation sur le plan économique et environnemental.

Enfin, après avoir mis en évidence les deux aspects (thermique du bâtiment et efficacité énergétique), nous aborderons le troisième aspect relatif aux matériaux de construction et aux dispositifs architecturaux et ce, par un bref aperçu sur la performance et les caractéristiques thermiques de certains matériaux, les différents types de façades et de protections solaires ainsi que leurs rôles. L'objectif visé par ce troisième aspect est de comprendre la relation entre les trois aspects, l'impact de ce dernier sur l'efficacité énergétique des bâtiments, ainsi que les différents mécanismes qui entrent en interaction avec la notion de la thermique du bâtiment et du confort thermique.

## **I.1. La thermique du bâtiment**

Étude de la demande en énergie de la construction sur la base des échanges thermiques existant entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, une telle étude permet, à long terme et dans le respect de la réglementation, de construire des bâtiments les moins consommateurs d'énergie possible (Jedidi et Benjeddou, 2016).

### I.1.2. La température comme concept

La température de la matière est expliquée par le fait que les atomes et les molécules se déplacent à l'échelle macroscopique, ce qui produit de l'énergie interne. Cette énergie reste stockée au sein du matériau jusqu'à ce que ce dernier soit en contact avec un autre matériau de température inéquivalente, de sorte qu'il sera obligé de mettre leurs températures en équilibre au moyen de l'émission naturelle de rayonnements électromagnétiques afin d'atteindre l'équilibre thermique (Pajani, 2012).

Le kelvin (K) est l'unité de température, mais le degré Celsius (°C) reste l'unité la plus employée. Il faut savoir que  $0^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$  (Pajani, 2012).

### I.1.3. Le flux thermique

La quantité de chaleur qui passe d'un milieu à un autre par unité de temps, en d'autres termes, c'est le transfert de chaleur entre deux milieux causés par la différence de température existant entre eux. Il est exprimé en J/s ou en w (Jedidi et Benjeddou, 2016).

Il se calcule à travers cette formule :  $\Phi = Q/\Delta t$

$\Phi$  : Quantité de chaleur transférées en J

$\Delta t$  : Unité de temps en S

### I.1.4. Les transferts thermiques

Il s'agit de la propagation énergétique qui se produit dans un bâtiment, et qui provient de la tendance innée de la chaleur à se transférer depuis les aires chaudes vers les aires froides en adoptant l'un des trois modes de transfert suivants (Pajani, 2012) :

**La convection** : correspond au flux de chaleur échangé entre la surface de la paroi et la couche de fluide adjacente Pajani, 2012).

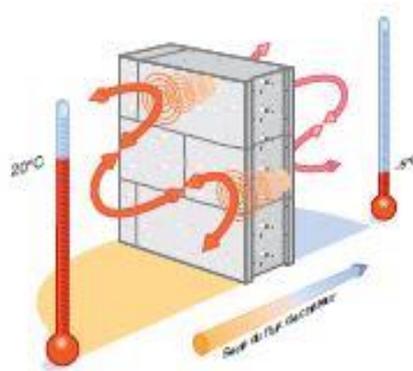


Figure 1.1 : transmission de la chaleur par convection (source : Saint-Gobain, 2012)

Le flux de chaleur par convection est donné par la relation suivante (Pajani, 2012) :

$$\Phi_{\text{conv}} = h_c \cdot \Delta t$$

$\Phi_{\text{conc}}$  : Flux thermique par convection en  $\text{W/m}^2$  ;

$h_c$  : le coefficient d'échange convectif exprimé en  $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  ;

$\Delta t$  : l'écart de température entre la surface et son environnement convectif.

**La conduction** : c'est la transmission de proche en proche de l'agitation moléculaire par choc entre les molécules au sein de la matière (Pajani, 2012).

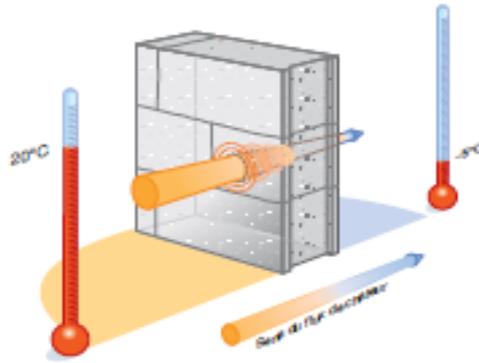


Figure 1.2 : transmission de la chaleur par conduction (source : Saint-Gobain, 2012)

Le flux de chaleur par conduction est calculé par l'équation ci-dessous (Pajani, 2012) :

$$\Phi_{\text{cond}} = \lambda / (e \cdot \Delta t)$$

$\Phi_{\text{cond}}$  Flux thermique par conduction en  $\text{W/m}^2$  ;

$e$  : la distance en mètres entre deux points du matériau entre lesquels a lieu ce transfert ;

$\Delta t$  : l'écart de température entre les deux points (en  $^{\circ}\text{C}$  ou  $\text{K}$ ) ;

$\lambda$  : Conductivité thermique du matériau exprimé en  $\text{W/m}.\text{C}$ .

**Le rayonnement** : Correspond au transport de chaleur par émission et absorption de rayonnement électromagnétique par les surfaces des corps (Pajani, 2012).

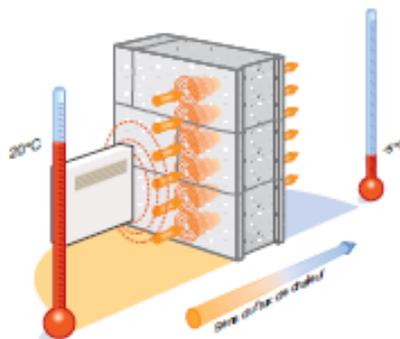


Figure 1.3 : transmission de la chaleur par conduction (source : Saint-Gobain, 2012)

Le flux de chaleur échangé par rayonnement est calculé par l'équation ci-dessous (Pajani, 2012)

$$\Phi_{\text{ray}} = h_r \cdot \Delta t$$

Avec :  $\Phi_{\text{ray}}$  : Flux thermique par rayonnement en  $\text{W}/\text{m}^2$  ;

$h_r$  : est le coefficient d'échange (en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ),

$\Delta t$  : L'écart de température entre les deux milieux.

### I.1.5. Les apports d'énergie dans le bâtiment

Les différentes apports énergétiques, intérieures et extérieures, sont exposées dans la figure qui suit :

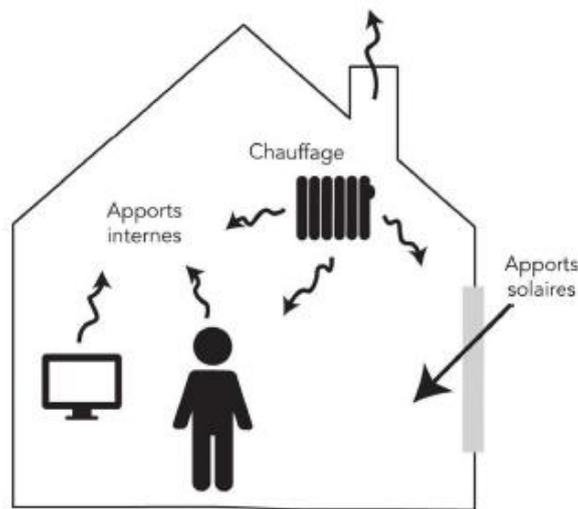


Figure 1.4 : Apports d'énergie dans les bâtiments (source : Jedidi et Benjeddou, 2016)

**Apports intérieurs :** le système de chauffage est considéré comme la source principale d'énergie à l'intérieur d'un bâtiment, ceci est lié à son rendement énergétique. A cette source s'ajoutent la respiration et le rayonnement humains, les appareils ménagers et le multimédia comme sources secondaires de production d'énergie (Jedidi et Benjeddou, 2016).

**Apport extérieure :** Le rayonnement solaire est la principale source d'apport d'énergie externe. Distinguer deux types :

- Les apports solaires directs : il s'agit du rayonnement solaire qui passent par les baies vitrées ou les fenêtres.
- Les apports solaires indirects : ce sont les rayons qui traversent les murs extérieurs et les autres éléments constructifs du bâtiment (Jedidi et Benjeddou, 2016).

**I.1.6. Les déperditions thermiques :** constituent les pertes de chaleur que subit un bâtiment, indiquent que l'isolation thermique est faible ; elle est exprimée en watts (Jedidi et Benjeddou, 2016).

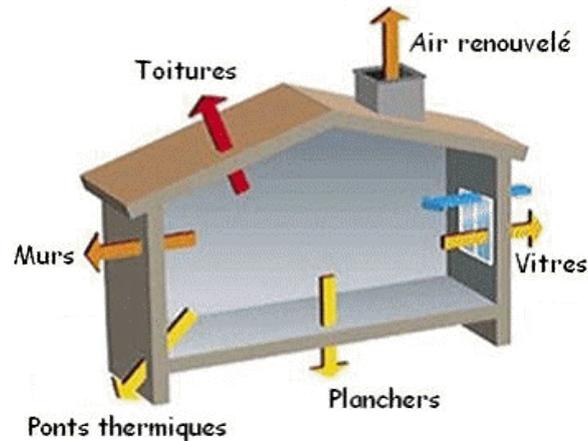


Figure 1.5 : Les déperditions thermique dans un bâtiment (Source : [www.4geniecivil.com](http://www.4geniecivil.com))

Elle est divisée en trois catégories qui sont :

- Les déperditions surfaciques : à travers les murs, les planchers, la toiture, le vitrage.
- Les déperditions par ventilation : sont les pertes par renouvellement d'air et les fuites.
- Les déperditions linéiques : sont les pertes thermiques causées par les ponts thermiques.

### I.1.7. Ponts thermiques

Le pont thermique est une partie faible de la structure extérieure du bâtiment (Façade, toit, etc.). Ce phénomène se manifeste lorsque la résistance thermique n'est plus homogène et en cas d'interruption de l'isolation thermique ; il engendre non seulement des pertes de chaleur, mais aussi du refroidissement et de la condensation (Saint-Gobain, 2012 ; Jedidi et Benjeddou, 2016).

Dans les figures 1.6 et 1.7, vous pouvez voir la localisation des différents ponts thermiques pouvant exister dans un bâtiment.



Figure 1.6 : Ponts thermiques des liaisons (Source : Saint-Gobain, 2012)

**Ponts thermiques de liaison** : on les rencontre au niveau des décrochements, des changements de géométrie, de l'enveloppe, ainsi qu'entre les éléments en contact (mur, fenêtre, toit, plancher) (Saint-Gobain, 2012). Ces derniers sont exprimés par le coefficient :  $\psi$  en  $w/(m \cdot k)$ .

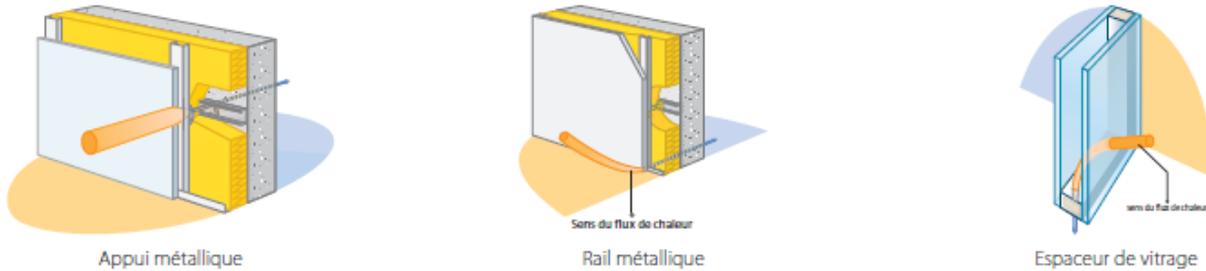


Figure 1.7 : Ponts thermiques des intégrés (Source : Saint-Gobain, 2012)

**Ponts thermiques intégrés** sont essentiellement produits par les appuis et la structure métallique et autres accessoires (Saint-Gobain, 2012). Ils sont exprimés par le coefficient :  $\chi$  en  $w/(m \cdot k)$ .

#### I.1.7.1. Traitement d'un pont thermique

Il ne fait aucun doute que les ponts thermiques constituent une menace pour un bâtiment, mais il est possible de lutter contre eux afin de les éliminer ou, au moins, limiter leurs effets autant que possible, à cet effet les solutions sont les suivantes (Jedidi et Benjeddou, 2016) :

- Les efforts à la conception.
- Le choix des matériaux et le recours à l'isolation répartie.
- L'isolation par l'extérieur.
- L'utilisation de rupteur de pont thermique.

#### I.1.8. Les grandeurs physiques liées à la thermique du bâtiment

**La conductivité thermique ( $\lambda$ )** : « est la quantité d'énergie traversant  $1m^2$  de matériau d'un mètre d'épaisseur et, pour une différence de 1 degré de température. Elle s'exprime en  $W/(m \cdot k)$  » (Saint-Gobain, 2012).

**La résistance thermique ( $R$ )** : « capacité d'un matériau à ralentir le transfert de chaleur réalisée par conduction. Elle s'exprime en  $m^2 \cdot k/w$  » (Saint-Gobain, 2012).

Elle est calculée par l'équation suivante :  $R = e/\lambda$

$R$  : résistance thermique en  $m^2 \cdot k/w$

$e$  : épaisseur du matériau en mètre

$\lambda$  : conductivité thermique du matériau en W/ (m.k)

**La diffusivité thermique :**

La diffusivité thermique est la vitesse à laquelle la chaleur se propage par conduction dans un matériau. Elle reflète la capacité d'un matériau à transmettre (rapidement ou non) un signal de température. Elle se mesure en m<sup>2</sup>/s (Jedidi et Benjeddou, 2016).

Elle est calculée par l'équation suivante :  $\alpha = \lambda / (\rho \cdot c)$

**c** : Capacité thermique massique du matériau (en J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>) ;

**$\rho$**  : La masse volumique du matériau (en kg m<sup>-3</sup>) ;

**$\lambda$**  : Conductivité thermique (W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>).

**L'effusivité thermique :** « caractérise la capacité des matériaux à absorber ou restituer une énergie thermique », elle s'exprime en J·s<sup>-1/2</sup>·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>, par la formule suivante :

$$b = (\lambda \cdot \rho \cdot c_{\rho})^{\frac{1}{2}}$$

**La capacité thermique :** indique la capacité d'un matériau à accumuler la chaleur en fonction de son volume. Elle est exprimée en J.K<sup>-1</sup>.m<sup>-3</sup> (Boukli, 2013).

**L'inertie thermique (a) :** désigne la capacité des composants d'un bâtiment (murs, plancher, toit...) à emmagasiner de la chaleur pendant la journée et à la libérer la nuit (Jedidi et Benjeddou, 2016).

**I.1.9. La thermographie**

La thermographie est une méthode appliquée dans plusieurs domaines, et en particulier dans le domaine de la construction. Elle donne la possibilité d'effectuer des mesures thermiques au moyen de la caméra thermique qui fournit un résultat sous forme de thermogrammes (image thermique), ou bien la cartographie sur laquelle apparaissent les différentes valeurs de température (Pajani et al., 2012).



Figure 1.8 : Exemples d'images thermiques (Pajani et al., 2012)

Il est possible, grâce à cette technique, de repérer les fuites d'air et les problèmes d'isolation, mais sans faire la distinction entre les deux sources de déperdition de chaleur, cette technique est qualitative et non quantitative (Durand-Pasquier et al., 2011).

### I.1.10. Facteurs architecturaux affectant le confort thermique à l'intérieur

Le bâtiment représente une masse réactive dans son environnement. Il ne peut jamais être autonome ou isolé de ce qui se déroule à l'extérieur. Selon les conditions climatiques, il produit un comportement thermique sous forme d'échange avec l'environnement. Ce qui signifie que les facteurs extérieurs ont une influence considérable sur le bâtiment, qui peut être minime, ou même négligeable, en fonction de plusieurs paramètres architecturaux intrinsèques et extrinsèques (Boulfani, 2010 ; Malek et Omrane, 2016).

- Facteurs extrinsèques : liés aux caractéristiques générales voire environnementales d'un bâtiment.

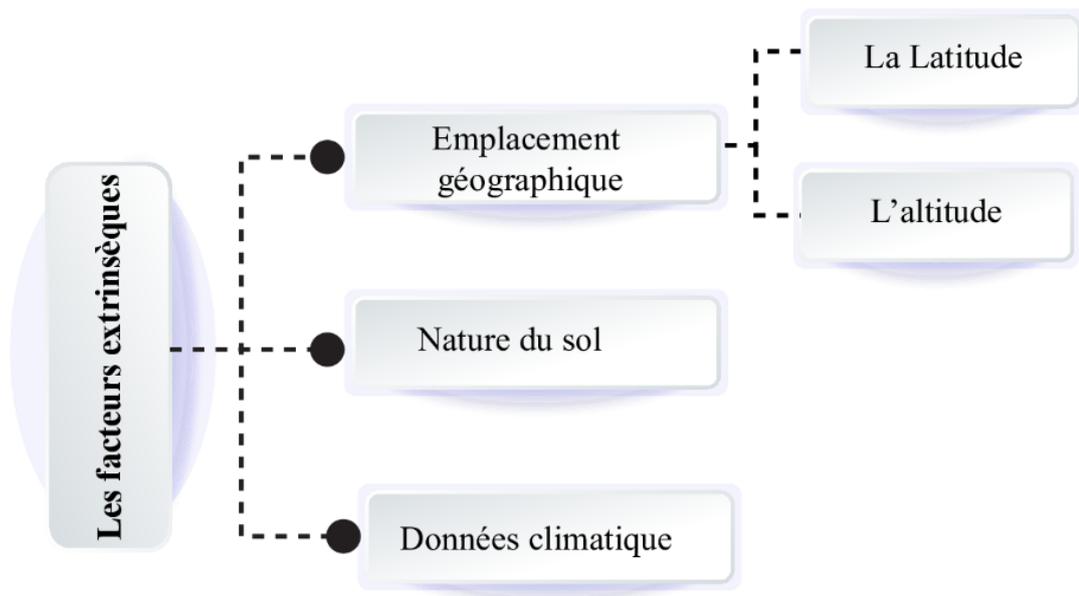


Figure 1.9 : Schéma récapitulatif des facteurs extrinsèques influant sur la thermique du bâtiment  
(Source : auteur, 2022)

- Les facteurs intrinsèques : présentent à la fois ceux relatifs à la nature du bâtiment et les facteurs fonctionnels.

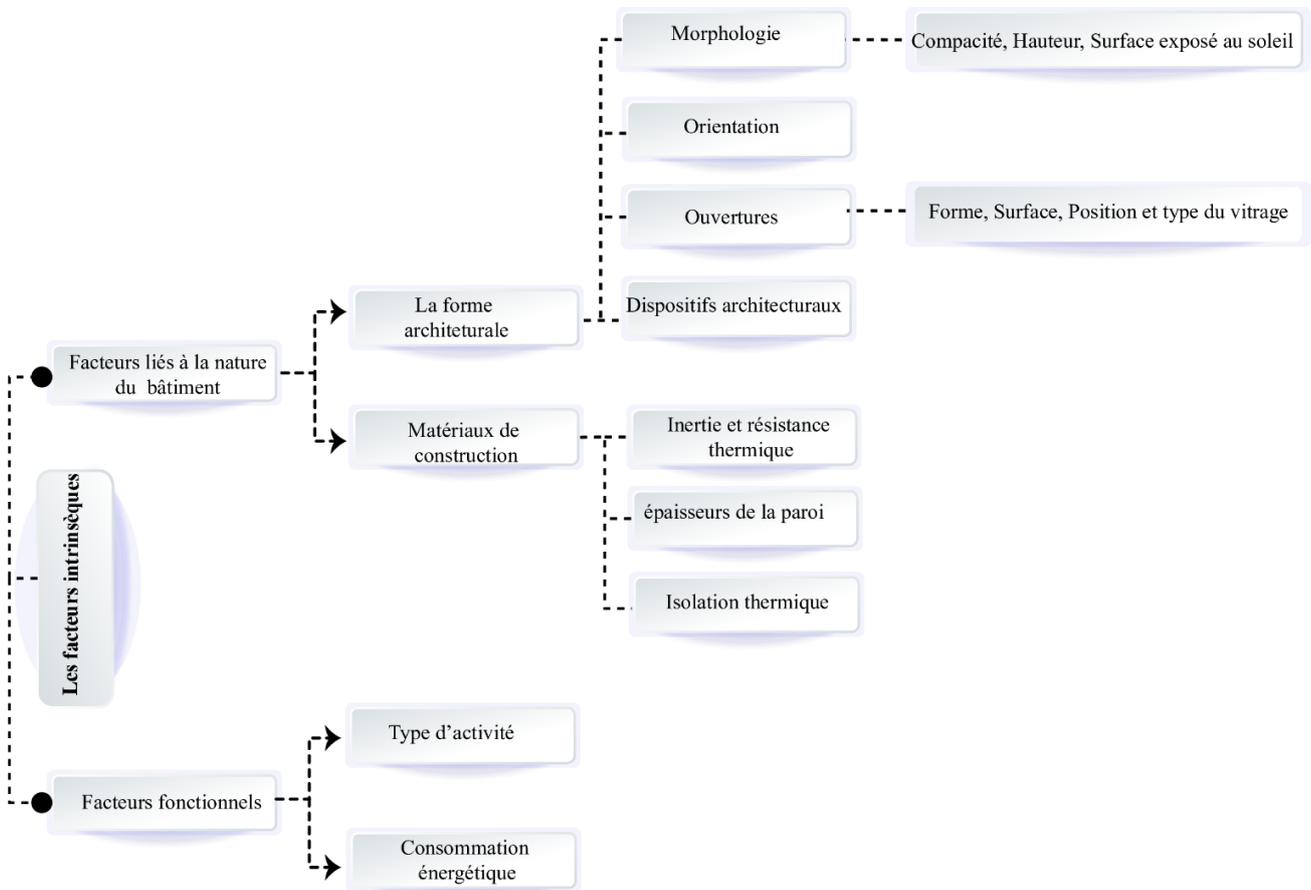


Figure 1.10 : Schéma récapitulatif des facteurs intrinsèques influant sur la thermique du bâtiment (Source : auteur, 2022)

Dans les deux schémas, on a récapitulé tous les facteurs qui ont une influence directe ou indirecte sur le fonctionnement thermique de la construction.

## I.2. Efficacité énergétique

### I.2.1. La notion d'énergie

La notion d'énergie est définie, selon le dictionnaire Larousse (2021), comme une « *Grandeur caractérisant un système physique, gardant la même valeur au cours de toutes les transformations internes du système (loi de conservation) et exprimant sa capacité à modifier l'état d'autres systèmes avec lesquels il entre en interaction. Il est exprimé en « joule ».*

### I.2.2. La consommation énergétique du bâtiment et ses différents types

Conformément à Hovorka et al. (2014), le fonctionnement normal d'un bâtiment nécessite une consommation d'énergie qui peuvent être classées en trois catégories :

- Consommations de base : il s'agit de la consommation des cinq usages énergétiques : chaleur, froid, éclairage intérieur, consommation électrique des auxiliaires et eau chaude sanitaire
- Consommations spécifiques : ce sont les consommations liées aux usages particuliers des occupants, elles complètent celles des 5 usagers. A titre d'exemple on peut citer : les équipements électromécaniques, l'éclairage extérieur, etc.
- Consommations liées aux transports.

### I.2.3. La consommation énergétique mondiale

Ces 40 dernières années, le monde a connu une croissance fulgurante de la consommation énergétique. En 1973, la consommation était d'environ 6106 Mtep, mais en 2015, ce chiffre était multiplié par plus de 2,4, soit 13 647 Mtep, ce qui correspond à un taux de croissance annuel moyen de 2,24 % (IEA<sup>1</sup>, 2017). Le taux de consommation change d'un pays à l'autre, et dépend des conditions climatiques, du taux de croissance économique et du développement technologique (Khadraoui.H, 2014).

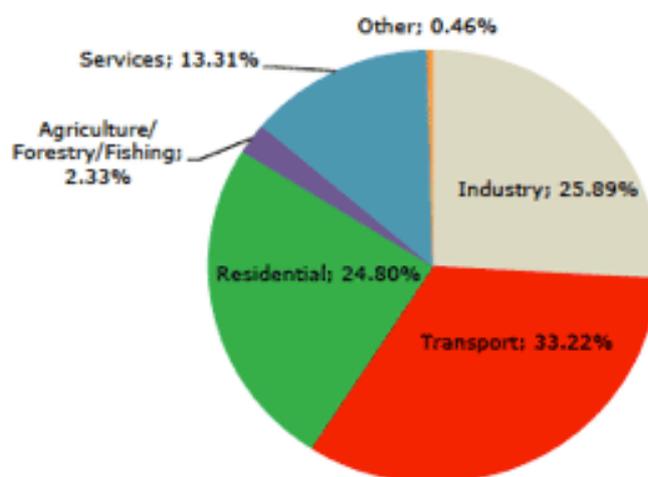


Figure 1.11 : Consommation énergétique finale par secteur de l'union européenne 2000- 2014  
(Source : Eurostat, 2014)

Le secteur du bâtiment est un des principaux consommateurs d'énergie dans le monde, ce secteur est responsable de 40% de la consommation totale, sa place est très importante face

<sup>1</sup> IEA : l'agence internationale de l'énergie

à d'autres secteurs comme l'industrie et les transports qui constituent des secteurs gigantesques (Chensé et al., 2012).

#### I.2.4. Consommation énergétique en Algérie

Le rapport d'évaluation du CEREFÉ<sup>2</sup> (2021), précise que la consommation énergétique finale est passée de 31,6 Mtep en 2010 à 50,4 Mtep en 2019, soit une augmentation de 18,8 Mtep en comparaison avec 2010 ; sachant qu'il a également précisé que le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) occupe la tête du classement en termes de consommation énergétique finale nationale avec un total de 177 millions de TEP entre 2010 et 2019, soit 43 % de la consommation générale.

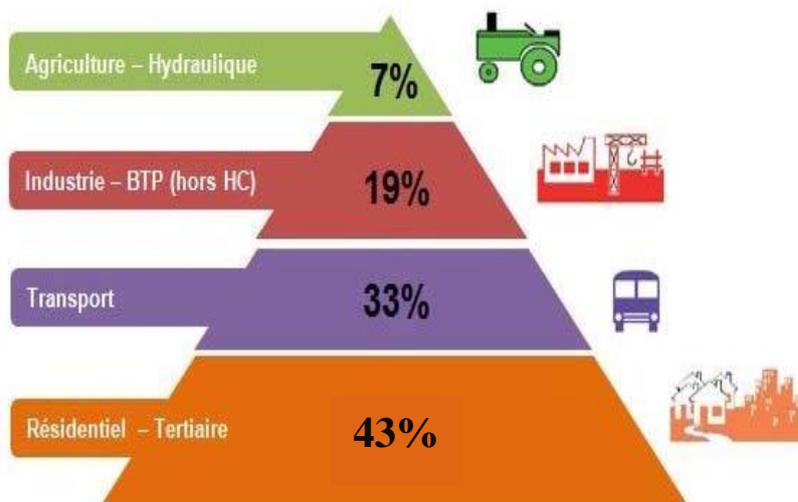


Figure 1.12 : Diagramme de la consommation finale d'énergie en Algérie (Source : CEREFÉ, 2020).

Certes, les secteurs du transport et de l'industrie sont gigantesques, mais la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment est supérieure à celle de ces deux secteurs.

#### I.2.5. Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique des bâtiments possède de multiples définitions, ce qui fait de ce terme un concept difficile à comprendre, mais de manière générale, il représente le rapport entre l'énergie utilisée par le bâtiment (appelée énergie utile) et l'énergie consommée (Jedidi et Benjeddou, 2016).

Ce concept assure une meilleure gestion de l'énergie et un rendement énergétique très élevé, tout en utilisant une faible quantité de ressources énergétiques existantes. Il réduit également l'empreinte écologique, et donc les émissions de gaz à effet de serre (Rahmouni, 2020).

<sup>2</sup>CEREFÉ : le Commissariat aux énergies renouvelables et à l'Efficacité énergétique.

### **I.2.5.1. L'importance de l'efficacité énergétique**

Assurer l'efficacité énergétique est l'un des excellents moyens techniques et financiers, car cela garantit à la fois la sécurité, l'indépendance énergétique des bâtiments et une stimulation de l'économie locale, en plus du fait qu'il faut lutter contre les coûts élevés de l'énergie, la pollution atmosphérique (émissions de gaz à effet de serre) et même contre le changement climatique mondial (Roques, 2016).

### **I.2.5.2. Certifications énergétiques des bâtiments**

La certification énergétique des bâtiments englobe les différents programmes et politiques qui ont pour but d'évaluer l'efficacité d'un bâtiment neuf ou existant. Elle aide également les concepteurs à faire face aux différents défis relatifs au bâtiment et à son environnement via des exigences de planification, de conception et de construction des installations à haute performance (Rahmouni, 2020 ; Liébard, De herde, 2006).

Les systèmes internationaux les plus connus sont :

- Passiv-Haus.
- BBC-Effinergie (Bâtiment Basse Consommation).
- MINERGIE.
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).
- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).
- HQE (Haute Qualité Environnementale).

### **I.2.5.3. Différents bâtiments à efficacité énergétique**

- **L'écoconstruction**

Un bâtiment conçu pour réduire au maximum les besoins humains et leurs effets sur le milieu, et ce en l'intégrant de manière respectueuse dans l'environnement, par l'exploitation des ressources naturelles et locales, ainsi que des techniques permettant de bénéficier des énergies renouvelables et de réduire la consommation d'énergie. Cette construction s'inspire et tire ces principes de durabilité et d'économie des moyens de l'architecture vernaculaire (Mengoni, 2011).

- **Bâtiment bioclimatique**

C'est un bâtiment ayant une implantation et une conception qui tiennent compte du climat et de l'environnement immédiat. Plus particulièrement du choix des matériaux, des

techniques de ventilation, de la récupération des eaux pluviales, mais aussi du recours à la géothermie en vue de réduire les besoins énergétiques (Liébard, De herde, 2006).

- **Bâtiment Basse consommation Énergétique**

Le concept de bâtiment à faible consommation d'énergie repose sur la réduction de la demande d'énergie primaire grâce à un niveau d'isolation élevé, à l'utilisation de systèmes de chauffage/refroidissement à haut rendement et à l'intégration de sources d'énergie renouvelables dans l'installation du bâtiment. Chaque conception de système vise à augmenter la valeur de la fraction solaire et à réduire l'énergie auxiliaire consommée, qui est généralement choisie comme source d'énergie fossile (Sarbu et Sebarchievici, 2017).

- **Maison passive**

C'est un bâtiment qui ne permet d'atteindre le confort thermique que par le post-chauffage ou le post-refroidissement du flux d'air frais, ce qui est nécessaire pour obtenir des conditions de qualité suffisante de l'air à l'intérieur sans qu'il soit nécessaire de recirculer l'air (Passivhaus Institut, 2018).

- **Bâtiment à énergie positive**

Il s'agit d'un type de bâtiment qui fabrique plus d'énergie que celle consommée en utilisant des équipements de production d'électricité (panneaux solaires, éoliennes, etc.). Son principe est la revente de l'électricité produite à un prix avantageux de manière à ne pas avoir de problème de stockage et à la racheter en cas de nécessité (Brimblecombe et Rosemeier, 2017).

- **Bâtiment à zéro-énergie ou autonome**

Représente un bâtiment indépendant sur le plan énergétique, c'est-à-dire que sa consommation d'énergie est nulle puisqu'il produit la même quantité d'énergie qu'il consomme (Rahmouni, 2020).

#### **I.2.5.4. Solution relative à l'amélioration de l'efficacité énergétique**

Deux solutions d'efficacité énergétique sont possibles : la solution dite **passive**, qui vise à faire baisser la consommation énergétique des équipements et des matériaux grâce à une bonne efficacité intrinsèque ; à laquelle s'ajoute **la solution active** qui cherche une optimisation des flux et des ressources (FIEEC<sup>3</sup>, 2019).

---

<sup>3</sup> FIEEC : Fédération des Industries Electriques, Electroniques et de Communication.

**Solution passive :** consiste à augmenter les qualités intrinsèques d'un bâtiment et à assurer l'isolation thermique de son enveloppe extérieure, et ce en contrôlant les paramètres ci-dessous :

- L'architecture ;
- Le système de chauffage, la ventilation, ... ;
- Équipements électriques existants.

**Solution active :** elle cherche à consommer l'énergie uniquement indispensable en intégrant des appareils performants et des systèmes intelligents de mesure, de contrôle et de régulation.

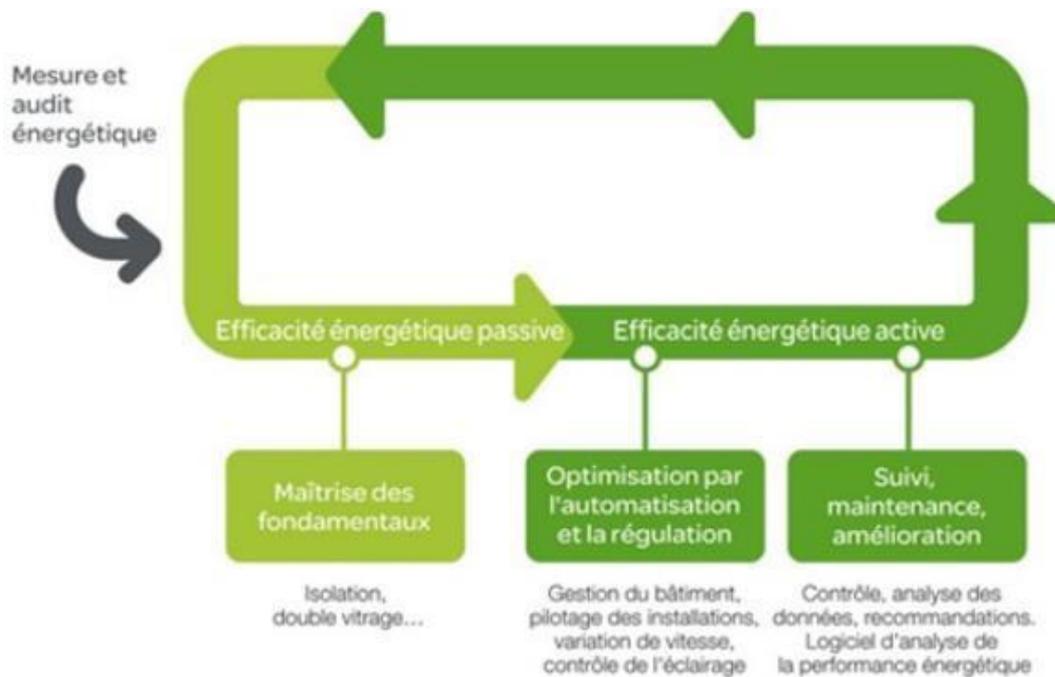


Figure 1.13 : Les solutions de l'efficacité énergétique des bâtiments

(Source : [www.Schneider-Electric.com](http://www.Schneider-Electric.com))

En effet, pour améliorer la performance énergétique des bâtiments, il faut recourir à ces deux solutions, passive et active.

### I.2.5.5. La relation entre l'efficacité énergétique et les aspects architecturaux

Velazquez-Romo (2015), indique qu'un bâtiment énergétiquement efficace est celui qui garantit l'efficacité des aspects architecturaux suivants :

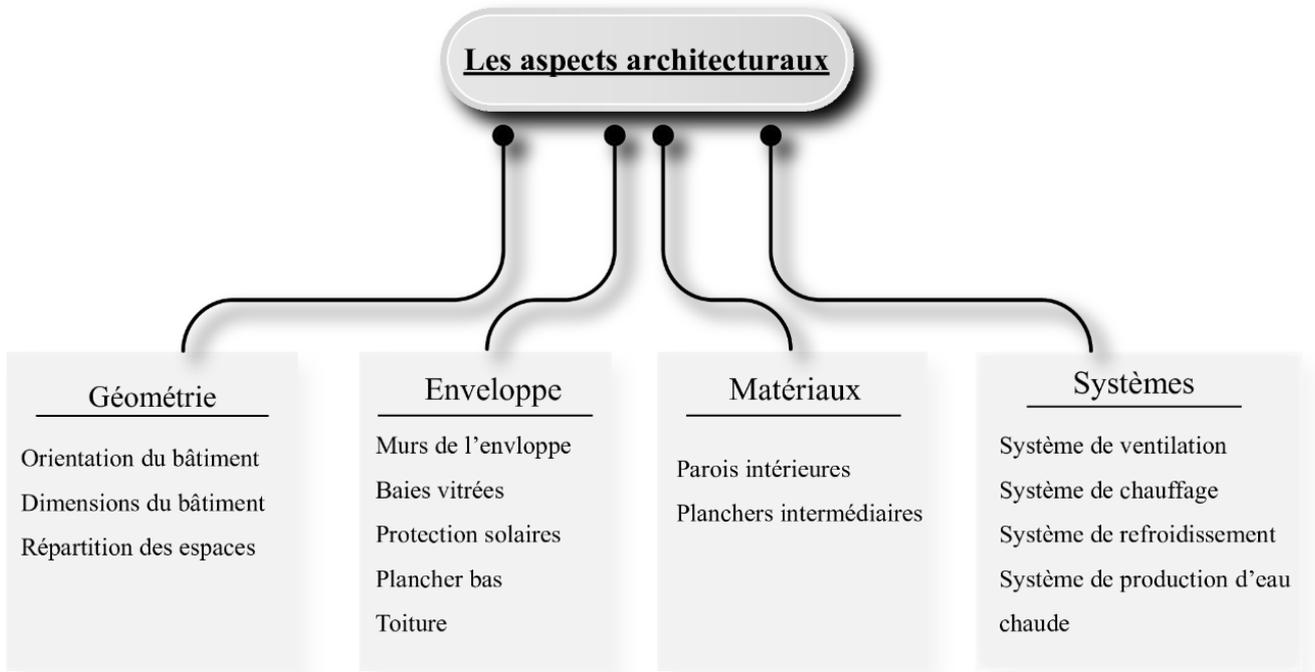


Figure 1.14 : Les aspects architecturaux fondamentaux pour une construction énergétiquement efficace (Source : Velazquez-Romo, 2015)

## I.3. Les matériaux de construction et les dispositifs architecturaux

### I.3.1. Matériaux de construction

#### I.3.1.1. La performance thermique des matériaux de constructions et leurs influences

L'enveloppe du bâtiment a un rôle crucial, non seulement elle protège les occupants des changements climatiques, mais elle garantit également l'équilibre thermique à l'intérieur des bâtiments. En termes de matériaux, cette dernière se compose de deux types : opaque (murs, toit, etc.) et transparente (surface vitrée) ; à cet égard, le type et les caractéristiques thermiques de ces derniers exercent une influence directe sur son degré de performance thermique, sa capacité thermique et son taux d'absorption de la chaleur transitant de l'extérieur ou même celle qui se produit à l'intérieur (Benyamine et Larbi, 2003).

En outre, les matériaux de construction affectent aussi la température de l'air ambiant intérieur et celle des surfaces internes, ils ont donc une incidence directe sur le confort thermique des occupants. Et même si les bâtiments sont équipés de systèmes de chauffage et de

climatisation, les propriétés thermiques des matériaux conditionnent toujours le bilan énergétique et économique des bâtiments (Fezzioui et Droui, 2003).

### I.3.1.2. Les propriétés thermiques des matériaux

Ces propriétés thermiques des matériaux sont de deux catégories :

- **Les caractéristiques statiques** : ce sont les propriétés qui distinguent la manière dont un matériau réagit à un flux de chaleur indépendamment du temps de sa réaction. Ce sont la conductivité et la capacité thermique (Mansouri, 2003).
- **Les caractéristiques dynamiques** : représentent la rapidité d'un matériau à maîtriser le flux de chaleur. Ce sont la diffusivité et l'effusivité (Mansouri, 2003).

### I.3.1.3. Les propriétés thermiques de certains matériaux de construction

Le tableau ci-dessous illustre quelques propriétés thermiques de certains matériaux de construction les plus utilisées en Algérie (Source : Izard et Lelong, 2006)

$\lambda$  : Conductivité thermique (W/m.°C)

$C$  : Masse volumique (Kg/m<sup>3</sup>) ;

$\rho$ :Chaleur spécifique (Wh/kg. °C) ;

$b$  : Effusivité thermique (J·s<sup>-1/2</sup>·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>) ;

$\rho C$ : Chaleur volumique (Wh/m<sup>3</sup>. °C) ;

$a$  : Diffusivité thermique (m<sup>2</sup>/s) ;

Tableau 1.1 : Les propriétés thermique de certains matériaux (Source : Izard et Lelong, 2006)

Matériaux de construction		$\lambda$	$C$	$\rho$	$\rho C$	$a$	$b$	$vt$
Bois	Bois léger	0.15	500	0.3	165	0.0009	4.8	2.2
	Bois lourd	0.2	650	0.7	436	0.0009	10.0	1.7
	Bois très léger	0.1	350	0.8	266	0.0005	5.6	1.5
Mortiers et Plâtre	Mortier	1.15	1950	0.23	449	0.0026	22.7	3.7
	Enduit à la chaux	0.7	1400	0.28	392	0.0018	16.6	3.1
	Enduit extérieur	1.15	1700	0.28	476	0.0024	23.4	3.6
	Enduit plâtre	0.35	1500	0.28	420	0.0008	12.1	2.1

	Plâtre gypse	0.42	1200	0.23	276	0.0015	10.8	2.8
<b>Béton et Brique</b>	Béton	1.51	2350	0.2	470	0.0032	26.6	4.1
	Béton cellulaire	0.16	400	0.24	96	0.0017	3.9	3
	Béton chanvre	0.13	350	0.2	70	0.0019	3	3.1
	Brique 10 cm	0.95	2000	0.2	400	0.0024	19.5	3.5
	Brique pleine	0.34	1000	0.2	200	0.0017	8.2	3
<b>Métaux</b>	Acier	52	7870	0.13	1023	0.0508	230.7	16.3
	Aluminium	230	2700	0.25	675	0.3407	394	42.3
	Cuivre	380	8930	0.11	982	0.3868	611.0	45.1
	Métal	150	8900	0.12	1068	0.1404	400.2	27.2
	Zinc	112	7130	0.11	784	0.1428	296.4	27.4

#### I.3.1.4. Les isolants thermiques

Les isolants sont des matériaux innovants de conception technique, ils viennent compléter la composition typique des murs pour rectifier le comportement thermique du bâtiment et réduire les différents transferts thermiques qui peuvent se produire (Theirry& David, 2009).

##### I.3.1.4.1. Les principaux types d'isolations thermiques

**Les isolants minéraux :** sont fabriqués à partir des matériaux naturels abondants et réutilisables, tels que les roches volcaniques, le sable ou même le verre recyclé. Ce type d'isolant est très apprécié en raison de sa résistance au feu et de sa durée de vie (INSA<sup>4</sup>, 2016).

**Les isolants synthétiques :** cette catégorie comprend les isolants fabriqués à partir de la chimie du chlore et du pétrole, ceux qui sont produits à base de matériaux non renouvelables et selon des processus énergivores (INSA, 2016).

**Les isolants naturels :** sont fabriqués avec des matériaux bio-renouvelables, à la fois animaux et végétaux, selon des processus à faible consommation énergétique (INSA, 2016).

##### I.3.1.4.2. Les caractéristiques thermiques de certains isolants

##### I.3.1.4.2. Les caractéristiques thermiques de certains isolants

<sup>4</sup> INSA : Institut national des sciences appliquées, Rouen.



Figure 1.15 : Certains matériaux d'isolation thermique (Source : www.build-green.fr)

### I.3.1.4.2. Les caractéristiques thermiques de certains isolants

Le tableau ci-dessous présente quelques propriétés thermiques de certains isolants thermiques (Source : Izard et Lelong, 2006).

$\lambda$  : Conductivité thermique (W/m.°C)

$C$  : Masse volumique (Kg/m<sup>3</sup>) ;

$\rho$ :Chaleur spécifique (Wh/kg.°C) ;

$b$  : Effusivité thermique (J·s<sup>-1/2</sup>·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>) ;

$\rho C$ : Chaleur volumique (Wh/m<sup>3</sup>. °C) ;

$a$  : Diffusivité thermique (m<sup>2</sup>/s) ;

$VT$  : Vitesse de transfert thermique (cm/h).

Le tableau 1.2 : Les propriétés thermique de certains isolants (Source : Izard et Lelong, 2006)

Les isolants		$\lambda$	$C$	$\rho$	$\rho C$	$a$	$b$	$vt$
Minérales	Laine de roche	0.04	25	0.26	7	0.0063	0.5	5.8
	Laine de verre	0.04	12	0.23	3	0.0149	0.3	8.8
	Verre cellulaire	0.05	130	0.23	30	0.0017	1.2	3
Naturels	Laine de chanvre	0.04	25	0.39	10	0.0040	0.6	4.6
	Laine de mouton	0.04	20	0.33	7	0.0061	0.5	5.6
	Panneau de liège	0.04	120	0.39	47	0.0009	1.4	1.2
Synthétique	Polystyrène expansé	0.04	25	0.38	10	0.0041	0.6	4.6
	Polystyrène extrudé	0.03	35	0.33	12	0.0025	0.6	3.6
	Polyuréthane	0.03	35	0.23	8	0.037	0.5	4.4

### I.3.1.4.3. Les méthodes d'isolation

L'isolation thermique désigne un ensemble de techniques permettant de limiter au maximum les échanges de chaleur entre deux milieux, de manière à assurer le confort thermique intérieur et à optimiser la consommation d'énergie. On distingue deux méthodes d'isolation thermique des constructions citées ci-dessous.

Les figures 1.16 et 1.17 constituent une illustration des méthodes d'isolation thermique des bâtiments.

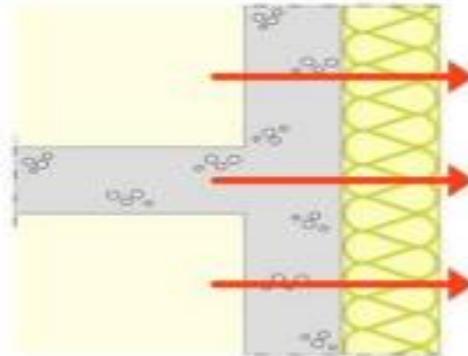


Figure 1.16 : Isolation par l'extérieur (Source : [www.isolation-thermique.org](http://www.isolation-thermique.org))

**L'isolation par l'extérieur :** C'est une méthode qui consiste à fixer l'isolant sur la surface extérieure de l'enveloppe du bâtiment. Généralement, c'est la solution la plus chère mais aussi la plus efficace, en ce qui concerne le confort d'été et d'hiver, car elle permet une meilleure isolation et limite les ponts thermiques (Jedidi et Benjeddou, 2016).

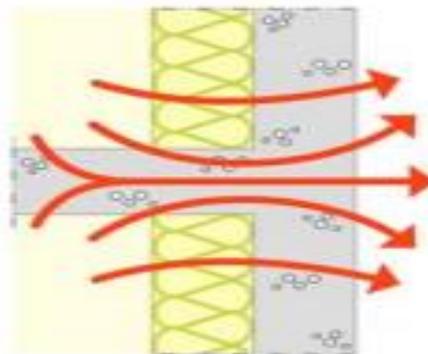


Figure 1.17 : Isolation par l'intérieure (Source : [www.isolation-thermique.org](http://www.isolation-thermique.org))

**L'isolation par l'intérieure :** consiste à isoler le bâtiment par l'intérieur, est la plus utilisée en raison de sa facilité de réalisation, mais malheureusement elle annule l'inertie thermique du mur isolé, et elle ne met pas fin aux ponts thermiques (Jedidi et Benjeddou, 2016).

### **I.3.3. Les dispositifs architecturaux**

#### **I.3.3.1. Protections solaires**

les protections solaires, sont tous les dispositifs qui ont pour rôle la maîtrise des échauffements dus aux apports solaires par les surfaces vitrées ou même opaques, permettant également de limiter l'inconfort visuel (Liébard et De Herde, 2005).



Figure 1.18 : Exemples des dispositifs de protections solaires (Source : Bedad, 2019)

##### **I.3.3.1.1. Principales fonctions des dispositifs de protection solaire**

Selon Liébard et De Herde (2005), Les protections solaires sont capables par leurs caractéristiques et leur emplacement de remplir diverses fonctions, parmi lesquelles on peut citer :

- Réduire les surchauffes due aux rayonnements solaires ;
- Améliorer l'isolation en augmentant le pouvoir isolant des fenêtres ;
- Contrôler l'éblouissement ;
- Contrôler la température ambiante intérieure ;
- Eviter la décoloration de certains matériaux ;
- Participer à l'expression esthétique des façades du bâtiment.

##### **I.3.3.1.2. La classification des protections solaires**

Le schéma qui suit donne un aperçu de la classification des protections solaires existantes et des plus courantes.

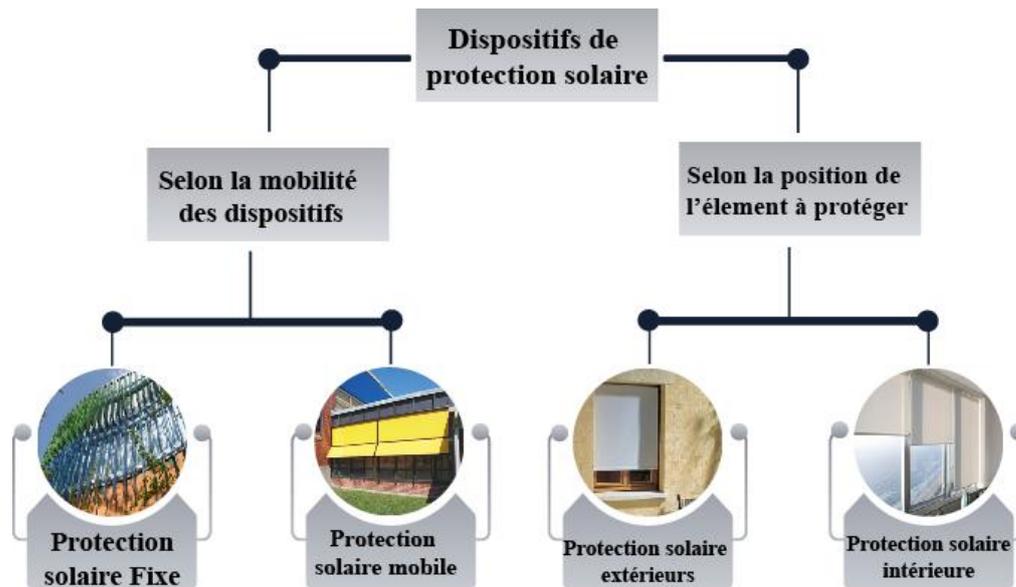


Figure 1.19 : Schéma de classification des dispositifs de protection solaire (Source : Auteur, 2022)

Les protections solaires se répartissent en deux catégories essentiellement en fonction de leur degré de mobilité (protection solaire fixe et amovible), ainsi que de leur positionnement par rapport à l'élément à protéger, pouvant être intérieur/extérieur et vertical/horizontal.

### I.3.3.2. Les façades

L'enveloppe architecturale constitue la bordure qui sépare l'intérieur du bâtiment de son environnement extérieur, et elle peut être perçue comme un espace de transition entre deux environnements différents (Herant, 2004).

La figure 1.20-A présente une façade de style ancien, tandis que la figure 1.20-B correspond à une façade très moderne.



Figure 1.20 : Façades Ancienne et moderne (Source : www.alamyimages.fr, 2017)

Ces deux figures permettent de visualiser le changement fondamental apporté aux façades, à leur traitement, à leur concept et même à leur fonctionnement au fil du temps, phénomène résultant du progrès technologique et architectural.

### I.3.3.2.1. Les fonctionnalités de la façade

En effet, la façade a plusieurs fonctions puisqu'elle est considérée comme un élément essentiel dans le bâtiment (Chabi, 2012), parmi ses fonctions on compte :

- Fonction protectrice ;
- Fonction structurelle ;
- Fonction de transmission ;
- Fonction visuelle (esthétique).

### I.3.3.2.2. Les critères permettant de déterminer le type de façade

Conformément à Hall (2010), le choix de la façade dépend de plusieurs Aspects de nature différente, tels que

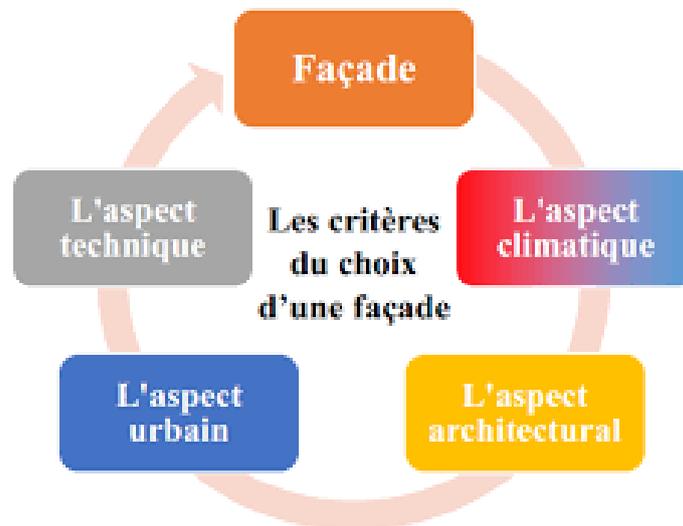


Figure 1.21 : Les critères du choix d'une façade (Source : Khadraoui, 2019)

- Aspect climatique : les caractéristiques climatiques ont une influence négative sur le fonctionnement thermique des façades, pour cela il est nécessaire de les intégrer lors du choix du type de façade.
- L'aspect architectural : La façade possède un caractère esthétique, elle donne un aspect précis aux bâtiments.
- Aspect urbain : la façade fait partie du contexte urbain, de sorte que ses caractéristiques (hauteurs, orientation, etc.) ont une influence importante sur le paysage urbain
- L'aspect technique : Au-delà de son aspect esthétique, la façade d'un bâtiment contribue également de manière importante à l'efficacité énergétique du bâtiment et à maintenir le confort intérieur des occupants.

### I.3.3.2.3. Classification des façades

Les différents types de façades s'appuient sur plusieurs critères : la forme des édifices, les matériaux mis en œuvre, la typologie de l'enveloppe et son principe de fonctionnement (Broto, 2011).

#### ➤ Façade selon la forme

Nous présentons ci-dessous les différents types de façades en tenant compte de leur forme.



Figure 1.22 : Schéma illustrant les types de façades en tenant compte de leur forme

(Source : Khadraoui, 2019 ; version adaptée par l'auteur, 2022)

En fonction de leur forme, on dénombre majoritairement quatre sortes de façades : une façade géométrique droite, une façade inclinée, une façade mixte et enfin une façade organique (Broto, 2011).

#### ➤ La façade selon les matériaux de construction

Nous présentons ci-dessous les différents types de façades en tenant compte des matériaux

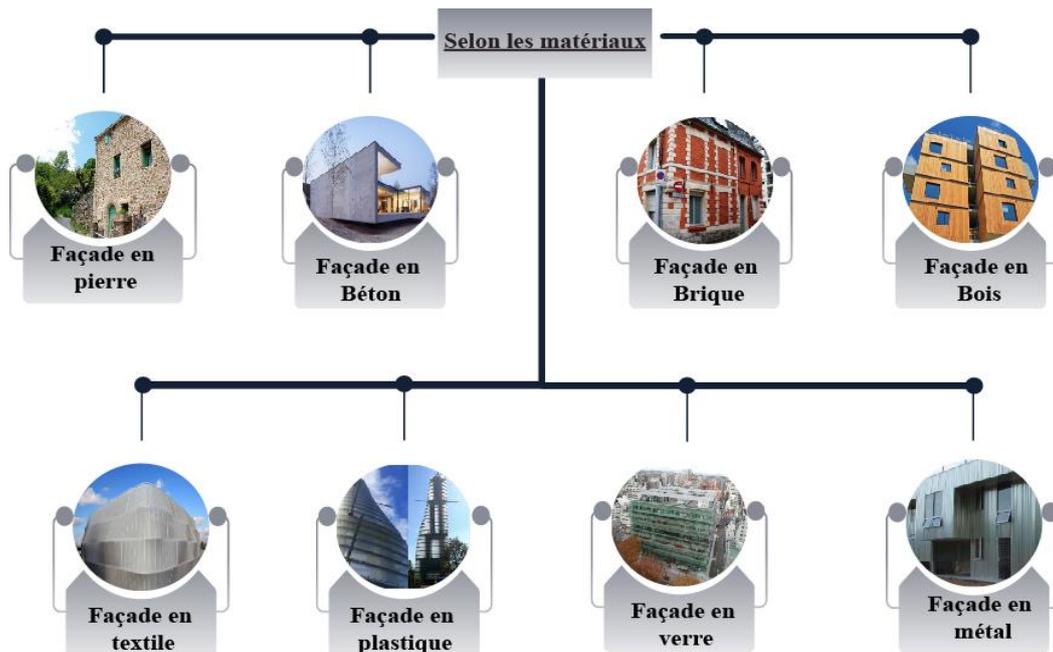


Figure 1.23: Schéma illustrant les types de façades en tenant compte des matériaux

(Source : Khadraoui, 2019 ; version adaptée par l'auteur, 2022)

Grâce au grand nombre de matériaux existants, il est possible d'établir une classification très variée des types de façades, par exemple : façade en pierre, en verre, en brique, etc.

➤ **Selon le principe de fonctionnement**

Ci-dessous sont exposés les différents types de façades en prenant en compte leur principe de fonctionnement.

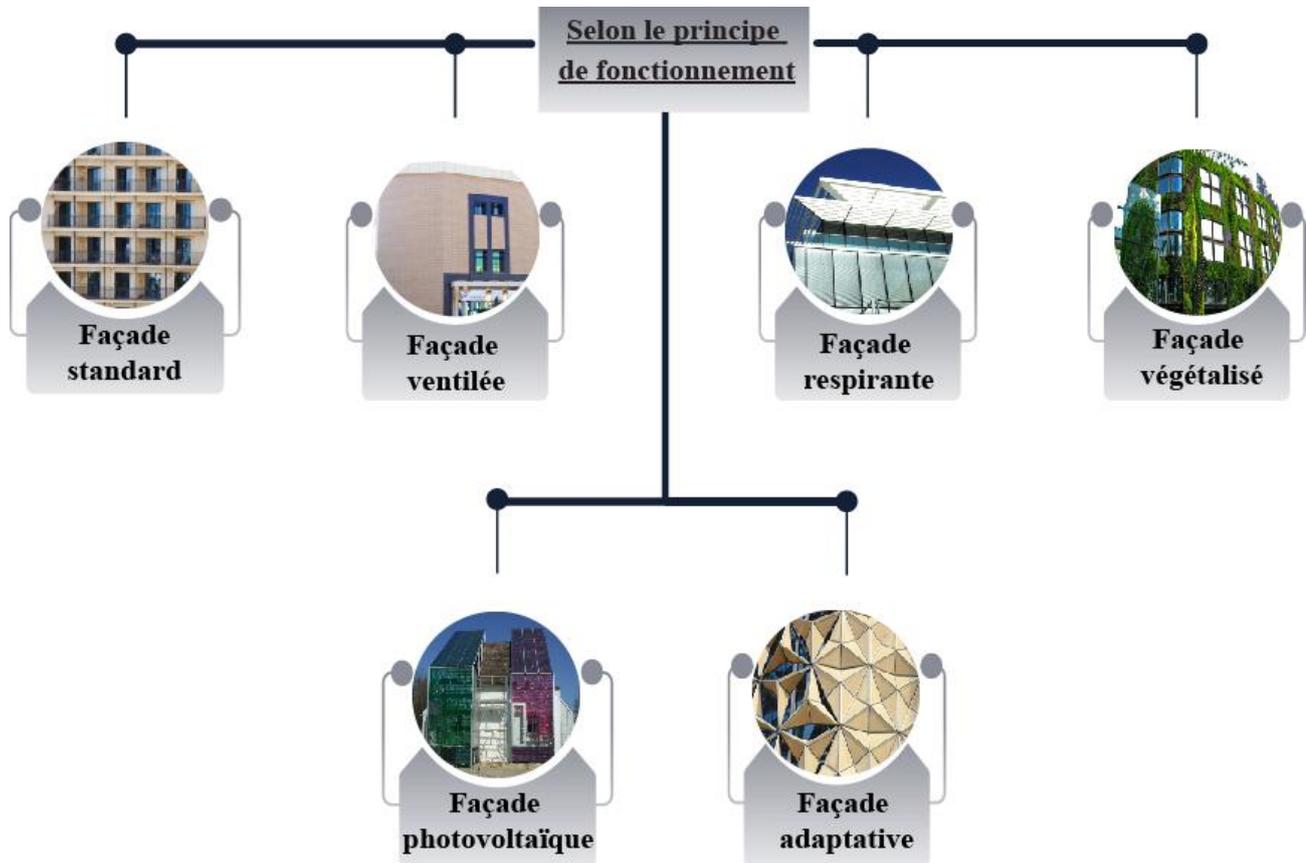


Figure 1.24 : Schéma illustrant les types de façades selon le principe de fonctionnement

(Source : Khadraoui, 2019 ; version adaptée par l'auteur, 2022)

Actuellement, la façade ne remplit pas seulement le rôle d'une enveloppe protectrice séparant l'intérieur d'un espace de son extérieur, mais elle en pose aussi d'autres selon la finalité de son utilisation. On trouve des façades végétales, photovoltaïques, ventilée, etc.

➤ **Selon le type de l'enveloppe**

Dans le schéma qui vient, vous trouverez les deux types de façades existantes en fonction du type d'enveloppe.



Figure 1.25: Schéma illustrant les types de façades selon le type d'enveloppe.

(Source : Khadraoui, 2019 ; Auteur, 2022)

Les deux types existants dans cette catégorie sont : la façade monocouche qui comprend une unique peau séparant l'intérieur de l'extérieur, ainsi que la façade double peau élaborée pour répondre à plusieurs objectifs tels que :

- Garantit une excellente esthétique extérieure ;
- Protection de l'environnement ;
- Assurer différents types de confort et réduire la consommation d'énergie des bâtiments, etc.

## Conclusion

Le fonctionnement thermique du bâtiment et ces différentes notions constituent une phase très critique et très importante du processus de conception architecturale et même pour la totalité du cycle de vie du bâtiment, la thermique du bâtiment ne doit jamais être négligée car la prise en compte de ces différents concepts apporte à la fois l'équilibre et le confort thermique entre le corps humain et son espace architectural, et la réduction de leur consommation énergétique puisque l'homme dès qu'il détecte une température inférieure à 20°C ou supérieure à 25°C fait directement appel aux installations électriques telles que le chauffage et la climatisation qui consomment une portion non négligeable en matière d'énergie, et ce sans même penser aux effets négatifs de ces dernières sur l'environnement.

Pour remédier à cette situation, qui est un véritable problème mondial, et en vue de répondre et de garantir le bien-être des utilisateurs et l'efficacité énergétique du bâtiment, de nombreuses études et recherches ont été réalisées sur tout ce qui compose le bâtiment, en particulier sur les différents matériaux de construction existants et même sur les dispositifs architecturaux tels que les différents types de façade et la protection solaire. Les résultats de ces études ont prouvé que le bon choix par le concepteur des matériaux et des dispositifs architecturaux assure un meilleur confort thermique et une très bonne efficacité énergétique.



## **CHAPITRE II :**

Confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite



## **CHAPITRE II : Confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite**

### **Introduction**

En réalité, le confort est une notion subjective se défini comme le niveau d'inconfort ou de bien-être généré par les propriétés de l'environnement intérieur d'un bâtiment, il dépend essentiellement de notre perception et de notre capacité de mémorisation, Une ambiance quelconque peut-être satisfaisante pour un individu et pas pour un autre. Selon Desmons (2017), le concept de confort proprement dit est associé à de nombreux paramètres, dont certains sont liés à l'espace physique (température, bruit, lumière et architecture), et d'autres à l'individu : la santé, l'âge, la façon de s'habiller, les habitudes, l'état psychologique du moment, etc.

Ce second chapitre de la présente recherche se focalise sur l'amélioration du confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite, plus précisément des personnes autistes. La première partie a pour objectif de présenter les différentes notions et paramètres du confort thermique ainsi que ses approches, par la suite il traitera la question du confort psychologique relatif à l'espace architectural, en expliquant en quoi consiste la psychologie architecturale, ses objectifs, l'impact psychologique de l'espace architectural et les facteurs spéciaux affectant le confort psychologique des personnes. En dernier lieu, il clarifiera la notion de personnes à mobilité réduite au regard de ces différentes catégories et il consacra une large place à la problématique de l'autisme, ses origines, ses types, etc.

Le présent chapitre a pour buts de mieux connaître le confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite ainsi que leurs besoins en matière d'architecture, afin de réaliser des établissements d'accueil bien adaptés à leurs particularités et surtout qui assurent leur bien-être physique et psychologique.

## II.1. Le confort thermique

Il est possible de cerner le concept de confort thermique de différentes manières, mais il se définit généralement comme « un état dans lequel il n'y a pas d'impulsions motrices pour corriger l'environnement par le comportement » (Hensen, 1991). Autrement dit, l'occupant cherche un climat intérieur où il n'a pas trop froid ou trop chaud, mais plutôt un climat intérieur qui assure son bien-être et surtout qui n'affecte pas sa productivité (Dear, 2004 ; Attia & Hensen, 2014). Dans le même ordre d'idée, nous pourrions affirmer que le confort thermique est l'état d'équilibre entre le corps et de son environnement thermique lorsque les échanges thermiques entre les deux sont presque inexistantes (Givoni, 1978).

### II.1.1. Les paramètres affectants le confort thermique

Conformément à Macpherson (1962) le confort thermique d'une personne à l'intérieur d'un espace donné est conditionné par six paramètres qui sont eux-mêmes classés en paramètres environnementaux et paramètres personnels (Azizpour et al. 2013).



Figure 2.1 : Les 6 facteurs qui influencent le confort thermique (Khadraoui, 2019)

Autrement dit, il y a des paramètres qui permettent d'évaluer la qualité thermique d'un environnement donné et d'autres paramètres qui permettent de déterminer la sensation thermique d'une personne (Jannot et Djiako, 1994).

### II.1.1.1. Les paramètres du confort thermique liés à l'individu

- **Le métabolisme**

Le métabolisme est défini comme l'ensemble des réactions chimiques internes du corps humain qui permettent de maintenir la température autour de 36,7°C. Cette activité est conditionnée par l'état de santé, l'âge, le sexe, la nourriture et le type de l'activité réalisée (Taleghani & al., 2013).

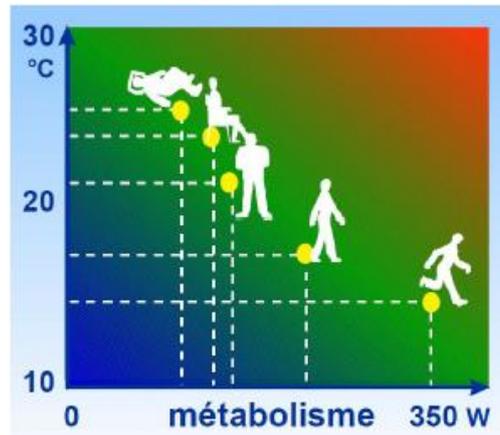


Figure 2.2. La température de confort en fonction du métabolisme et des différentes activités (Source : Liébard et De Herde, 2005)

Selon Olesen (1982), le métabolisme est souvent donné en unité " met ", où 1 met est égal à 58,15 W/m<sup>2</sup>.

- **L'habillement**

Désigne les vêtements qu'une personne porte et qui protègent la surface de la peau du milieu extérieur, Elle « constitue une barrière aux échanges de chaleur convective et radiative entre le corps et son environnement, ils réduisent aussi la sensibilité du corps aux variations de la température et de la vitesse de l'air » (Givoni,1978).

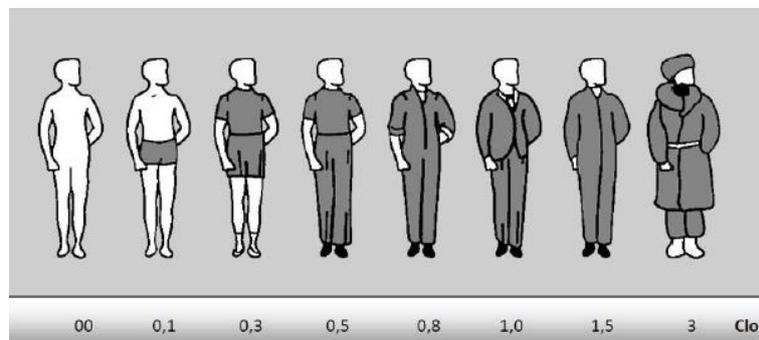


Figure 2.3 : L'isolement vestimentaire (Mazari, 2012).

Il est exprimé en clo (1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>.K/W) et il varie de 0 où la personne est jugée comme nu à 3 ou même 4 dans le cas de vêtements lourds (Taleghani & al., 2013).

### II.1.1.2. Les paramètres liés à l'environnement

- **La température de l'air (Ta)**

Elle constitue le facteur le plus important et même le plus influençant la sensation thermique de l'occupant puisqu'elle caractérise son entourage. On la nomme également température ambiante (Ta) ou température opérative ou encore température sèche résultante. Elle est obtenue par la moyenne de la température ambiante (Ta) et de la température des parois (Tp) (Liébard et De Herde, 2005).

- **Température moyenne radiante des parois (T<sub>pr</sub>)**

Elle correspond à la température moyenne issue de l'ensemble des températures surfaciques des 6 parois qui composent un espace donné (Beckey, 1992). Elle est définie comme suit « la température uniforme d'une boîte noire imaginaire dans laquelle un occupant échangerait la même quantité de chaleur radiante que dans un espace réel non uniforme » (ASHRAE, 2010).

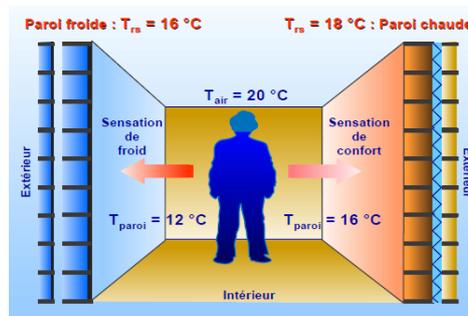


Figure 2.4 : la température de confort sous l'influence de la température de l'air et de celle des parois  
(Source : Liébard et De Herde, 2005).

Son calcul peut être effectué à l'aide de l'équation ci-dessous :

$$T_{mr} = \frac{\sum_j S_j T_{sj}}{\sum_j S_j}$$

T<sub>mr</sub> : Température moyenne radiante, °C.

S<sub>j</sub> : La surface de chaque paroi, m<sup>2</sup>.

T<sub>sj</sub> : Température de chaque paroi, °C.

Comme on peut également la mesurer d'une autre manière en utilisant la température opérative (Mazari, 2012) conformément à l'équation suivante :

$$T_{op} = \alpha T_a + (1 - \alpha) T_{mr}$$

Avec

T<sub>op</sub> : Température opérative °C.

T<sub>a</sub> : Température ambiante de l'air, °C.

T<sub>mr</sub> : Température moyenne radiante, °C.

$\alpha$  : Coefficient dépendant de la vitesse de l'air ( $\alpha = 0.5 + 0.25 * V_a$ )

- **L'humidité relative de l'air**

L'humidité relative de l'air Rh est le résultat du rapport entre la pression de la masse de la vapeur d'eau contenue dans l'air d'une température donnée et la pression maximale de la vapeur d'eau pour la même température de l'air McIntyre (1973).

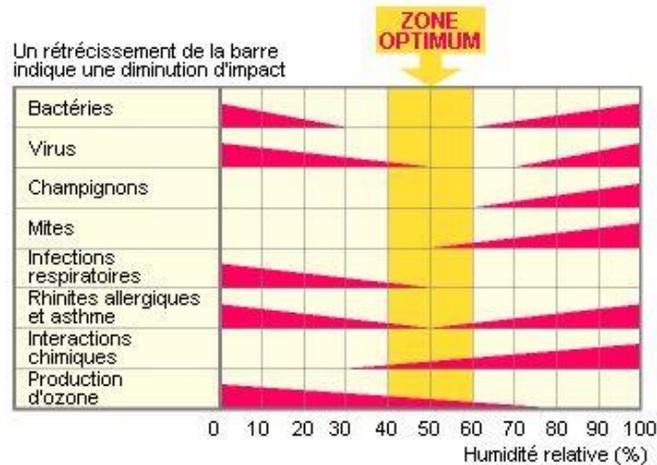


Figure 2.5 : la plage de taux d'humidité ambiante (source : [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be), 2017)

Elle est donnée en % et il est préférable de la tenir entre  $40\% < HR < 60\%$ .

- **La vitesse de l'air est un indice important pour la réalisation des échanges thermiques** entre le corps de l'occupant et son environnement. Elle s'exprime en m/s et ne doit pas dépasser 0,2 m/s pour ne pas augmenter les pertes de chaleur par convection et évaporation (De Herde et Liébard, 2006).

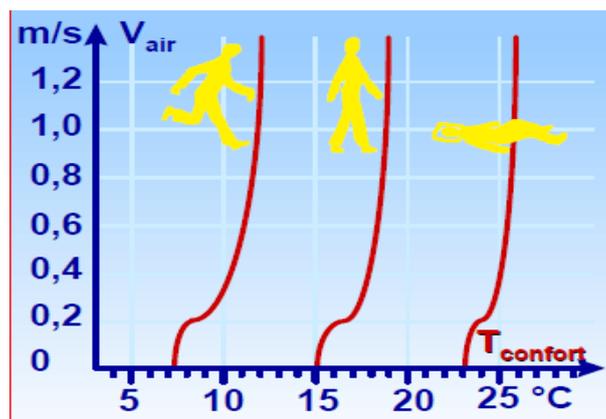


Figure 2.6 : la température de confort en fonction de la vitesse de l'air

(Source : Liébard et De Herde, 2005)

Le mouvement de l'air abaisse la température du corps, facteur recherché en été, mais pouvant être gênant en hiver, pour cela ne doit pas dépasser pas 0,2 m/.

## II.1.2. Les échanges de chaleurs entre le corps et l'environnement thermique

Le corps humain, comme étant un système ouvert, est en interaction permanente avec son environnement, ces interactions engendrent des échanges thermiques avec le contexte extérieur et ce par deux moyens qui sont mis à disposition à savoir la peau (échanges cutanés QSK) et les voies respiratoires (QRes) (Bartière, 2016).

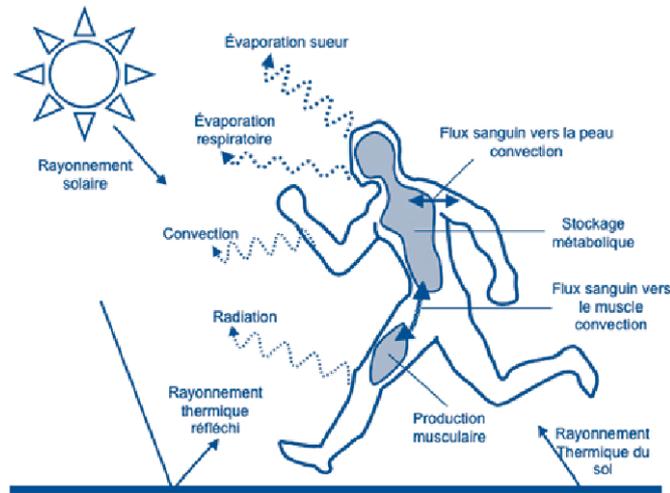


Figure 2.7 : Les différents échanges de chaleur entre le corps et son environnement (Banzet, 2012)

**II.1.2.1. Les échanges cutanés (QSK) :** sont les échanges de chaleurs par conduction, convection, rayonnement et par évaporation de la sueur (Bartière, 2016).

Il est possible de les calculer à l'aide de la formule suivante :

$$Q_{SK} = C + R + K + E_{SK}$$

$Q_{SK}$  : le flux de chaleur échangé à la surface de la peau (W/m<sup>2</sup>).

C : L'échangé de chaleur par convection (W/m<sup>2</sup>).

R : L'échange de chaleur par rayonnement (W/m<sup>2</sup>).

K : L'échangé de chaleur par conduction (W/m<sup>2</sup>).

$E_{SK}$  : L'échange de chaleur par évaporation de la sueur (W/m<sup>2</sup>).

- **Par convection :** est le transfert de chaleur lors d'un contact de la peau avec l'air ambiant ou avec de l'air retenu sous les vêtements (Bartière, 2016).
- **Par rayonnement :** il s'agit d'un échange de chaleur qui est lié à la différence de température entre le corps humain, les surfaces environnantes et la distance qui les

sépare, ainsi qu'au pouvoir d'absorption et d'émission des rayonnements électromagnétiques (Bartière, 2016).

- **Par conduction :** Ce mode de transfert est déterminé par la température moyenne de la peau et celle de la matière ou du matériau en contact et également par le coefficient d'échange par conduction (Bartière, 2016).

**II.1.2.2. Les échanges respiratoires ( $Q_{Res}$ ) :** sont effectuées par convection  $C_{Res}$  et par évaporation  $E_{Res}$ . Donc on a :

$$Q_{Res} = C_{Res} + E_{Res}$$

$Q_{Res}$  : le flux de chaleur échangé par respiration

$C_{Res}$  : l'échange thermique par la convection respiratoire

$E_{Res}$  : l'échange thermique par l'évaporation respiratoire

- **Convention respiratoire :** C'est échange lié aux taux de ventilation et à la différence de température entre l'air inspiré et l'air expiré (Bartière, 2016).
- **Évaporation respiratoire :** c'est un échange qui résulte de la différence entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air inspiré et l'air expiré et du taux de ventilation (Bartière, 2016).

### II.1.3. La plage de confort

Grâce au schéma établi par Fauconnier (1992), il est désormais possible de définir une plage de confort en combinant la température et l'humidité, autrement dit la plage de confort hygrothermique.

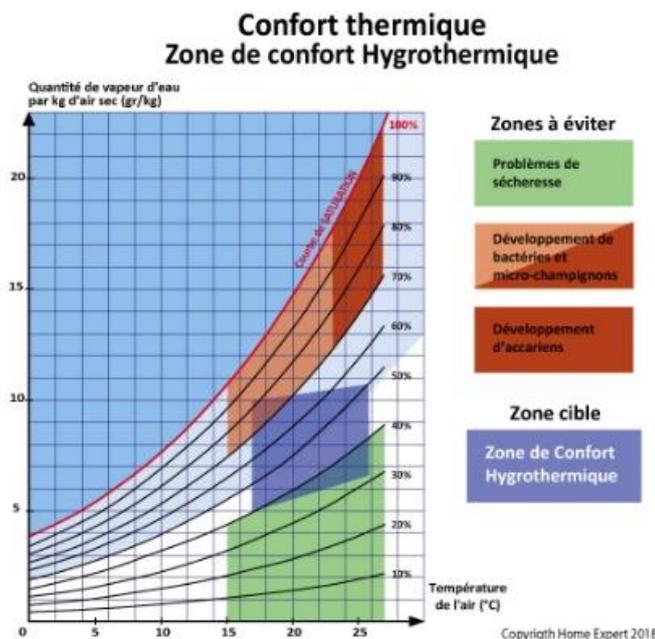


Figure 2.8 : Plage de confort hygrothermique (Source : [www.home-expert.fr](http://www.home-expert.fr), 2018)

Ce diagramme indique la température ambiante en abscisse et la quantité de vapeur d'eau par kg d'air sec en ordonnée. Il est également découpé en quatre zones colorées qui symbolisent chacune un phénomène spécifique.

1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.

2 et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.

3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.

4 : Polygone de confort hygrothermique.

Le polygone N° 4 constitue la zone de confort hygrothermique, mais pour obtenir un confort idéal, la température de l'air doit être conservée autour de 22°C, et l'humidité relative entre 40 et 65%.

#### **II.1.4. Les aspects du confort thermique**

Le confort thermique est un concept pluridisciplinaire et complexe, et son évaluation fait intervenir de nombreux aspects physiques, physiologiques et psychologiques (Lin et Deng, 2008).

##### **II.1.4.1. L'aspect physiologique : Thermorégulation**

Elle consiste en l'étude du système de la thermorégulation en tant qu'ensemble des processus permettant à l'homme de conserver sa température interne dans des limites normales et ce, tout en assurant un équilibre entre la thermogenèse (processus de production de chaleur) et la thermolyse (processus de perte de chaleur) ainsi qu'en contrôlant les transferts de chaleur internes et externes (Parsons, 2003 ; Berkouk, 2017). La thermorégulation se divise en deux catégories, la thermorégulation végétative et la thermorégulation comportementale (Moujalled, 2007).

##### **II.1.4.2. L'aspect physique**

Il regroupe les différents échanges thermiques qui se produisent entre le corps humain, plus exactement la surface de la peau, principal élément de la sensation de chaleur, et son environnement immédiat, et ce grâce à la différence de température qui existe entre eux et qui provoque ces transferts par différents modes : conduction, convection, rayonnement et évaporation (Berkouk, 2017).

##### **II.1.4.3. L'aspect psychologique**

« L'aspect psychologique se penche sur les phénomènes psychologiques et peut se servir des études empiriques afin de déterminer les relations entre les grandeurs physiques et physiologiques (par exemple température d'air, température cutanée) et leurs résultats sensoriels et hédonique chez l'individu. » (Moujalled, 2007).

### II.1.5. Les différentes approches du confort thermique

Il existe deux approches pour définir et introduire des indicateurs de confort thermique pour les personnes, l'approche analytique et l'approche adaptative :

#### II.1.5.1. L'approche adaptative

Cette dernière aborde le confort thermique conformément à la capacité réelle d'acceptation de l'environnement thermique en tenant compte du contexte, des réflexes comportementaux des usagers et de leurs aspirations (Djongyang, Njomo 2010).

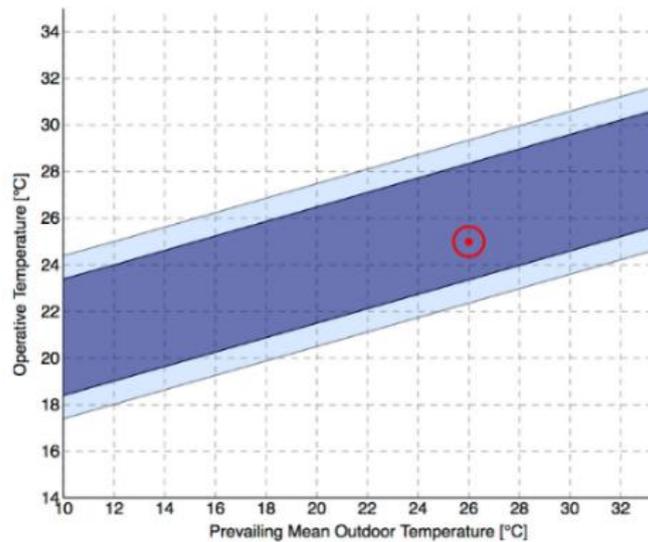


Figure 2.9 : Graphique adaptatif du confort thermique selon la norme ASHRAE 55-2017

(Source : [www.comfort.cbe.berkeley.edu](http://www.comfort.cbe.berkeley.edu))

Elle intègre les aspects physiques, physiologiques et psychologiques au regard des conditions climatiques externes et internes, grâce aux résultats d'études et d'enquêtes menées sur le terrain (Humphreys 1994 ; De Dear 1998).

#### II.1.5.2. L'approche analytique

Elle se focalise sur l'aspect physique et physiologique et ce à la faveur du calcul du bilan thermique du corps humain et de leurs échanges avec le milieu thermique. Cette démarche a été mise au point grâce aux travaux de recherche de Fanger sur un grand nombre de personnes en chambre climatique (étude des aspects physiques et physiologiques en chambre climatique). Elle a permis de définir, de manière analytique, le confort des personnes en fonction de quatre facteurs physiques de cette ambiance qui interagissent avec les deux paramètres du corps humain (Khadraoui, 2019).

## **II.2. Le confort psychologique associé à l'espace architectural**

### **II.2.1. La psychologie de l'espace**

La psychologie de l'espace ou bien environnementale est une discipline qui étudie les différentes relations entre l'homme et son environnement physique et social, et ce sur le plan spatial et temporel, ces relations puissent être conscientes ou inconscientes. Elle permet également de comprendre les effets des conditions environnementales sur les comportements, les cognitions et les émotions de l'individu ainsi que la manière dont ce dernier perçoit ou agit sur l'espace (Kellou-djitli, 2013 ; Femke, Sd).

Cette discipline est basée sur deux concepts, le premier considère l'espace comme le milieu dans lequel s'inscrit la vie humaine et, par conséquent, il nous influence au cours de notre existence ; le second estime que les différents problèmes environnementaux actuels découlent des différents comportements de l'homme et de ses activités (Poitevin, 2020).

### **II.2.2. Naissance et évolution**

Apparu aux États-Unis dans les années 1950, après la Seconde Guerre mondiale, durant une période caractérisée par le progrès, la croissance et l'augmentation de la productivité. La psychologie de l'espace est apparue comme un nouveau champ de connaissance car elle appréhende l'individu à travers son insertion dans les lieux, en tenant compte du fait que l'on ne peut pas s'isoler de son environnement, contrairement aux anciennes disciplines qui n'étudient l'homme que sous l'angle de son comportement psychologique et social. Au fil du temps, elle s'est intéressée à plusieurs problématiques telles que le stress urbain, les nuisances urbaines, les comportements pro-environnementaux (Kellou-djitli, 2013).

### **II.2.3. Les principaux objectifs de la psychologie de l'espace**

- Favoriser la dimension humaine dans les différents projets.
- Mieux définir les comportements et les attitudes des gens face à l'espace.
- Sensibiliser le public aux effets importants de l'environnement conçu sur la vie et le comportement humains.
- Fournir un savoir-faire et des outils permettant d'intervenir tant au niveau de l'habitat, du quartier, de la ville et de l'environnement planétaire (Kellou-djitli, 2013).

#### **II.2.4. Définition de l'espace architectural**

Définir l'espace comme une simple enveloppe délimitée par des lignes qui sépare l'espace habitable de l'extérieur ne suffit jamais, c'est bien plus que cela : c'est un concept complexe composé de plusieurs paramètres physiques, architecturaux et même structurels, qui ont pour mission d'assurer la notion de confort et la sensation de bien-être physique et psychologique, en raison de la forte relation entre la structure des espaces et le comportement humain. Par conséquent, si un espace a été mal conçu, ses paramètres affecteront négativement le comportement et l'état psychologique des occupants (Cousin 1980 ; Van mess, 2012).

#### **II.2.5. L'espace architectural et ses effets psychologiques sur l'occupant**

En effet, de sa naissance à sa mort, l'homme vit sous l'influence des éléments qui l'entourent, qui sont d'une importance capitale, car ils lui communiquent les différents principes de vie et notamment la manière d'affronter le monde extérieur. De ces éléments, figure essentiellement et de manière très déterminante l'espace architectural au sein duquel il passe la majeure partie de sa vie, et qui joue un rôle prépondérant sur son stress, sa santé, son bien-être, et ses différents comportements.

En outre, le corps est un organisme très sensible, caractérisé par des perceptions et des comportements souvent contradictoires, qui subit la forte influence de différents éléments internes de l'espace architectural, mais aussi externes, pouvant les affecter positivement ou, au contraire, négativement à différents niveaux en particulier au niveau psychologique. De ces facteurs qui influencent et impactent psychologiquement la personne dans un espace architectural, on distingue l'inconfort thermique et la qualité architecturale qui sont deux des grands dangers qui menacent l'être humain, en lui causant et en déclenchant des malaises psychologiques, de ce fait la majorité des concepteurs privilégient actuellement la dimension humaine dans les différents projets mais aussi l'approche écologique, pour assurer à la fois une meilleure qualité de vie et un respect de l'environnement, mais également pour résoudre les défis contemporains liés aux différents confort (thermique et psychologique) et au bien-être et à la santé des usagers.

#### **II.2.6. Facteurs spatiaux ayant un effet sur le confort psychologique**

De nombreux facteurs exercent une influence positive ou négative sur le confort psychologique, dont les plus importants sont les suivants :

- La forme et la morphologie d'une espace.
- La profondeur et la hauteur de l'espace.

- L'orientation et matériaux de construction.
- Les couleurs et les textures.
- L'aménagement intérieure de l'espace et le choix du mobilier.
- Le confort thermique, acoustique, visuel, olfactive, hygrothermique.

### **II.3. Les personnes à mobilité réduite**

Le terme personne à mobilité réduite désigne la personne à mobilité réduite, c'est un concept très large et hétérogène, puisqu'il inclut toutes les personnes dont la mobilité est limitée, toute personne entravée dans sa vie quotidienne en raison de son âge, de son état ou de toute autre cause nécessitant une attention particulière et une adaptation à ses besoins, que ce soit de manière permanente ou provisoire.

Ce concept regroupe donc les personnes handicapées de toutes catégories confondues, les personnes âgées, les femmes enceintes, les petits enfants, les personnes accidentées ainsi que les personnes ayant des difficultés à comprendre la langue (la loi n °2005-102 du février, 2005).

#### **II.3.1. Personnes handicapées**

Le concept de handicap recouvre de nombreuses définitions, dont chacune présente des particularités intéressantes, nous en retirons ici les plus fréquentes.

En fait selon l'OMS : est handicapée toute personne dont l'intégrité physique ou mentale est passagèrement ou définitivement diminuée, soit congénitalement, soit sous l'effet de l'âge ou d'un accident, en sorte que son autonomie, son aptitude à fréquenter l'école ou à occuper un emploi s'en trouvent compromises » (Guidetti et Tourrette, 1999).

Par ailleurs, et conformément au grand dictionnaire de psychologie, le terme handicapé « se dit d'une personne atteinte d'un désavantage, infériorité résultant d'une déficience ou d'une incapacité qui interdit ou limite l'accomplissement d'un rôle social, ce dernier étant considéré en rapport avec l'âge, le sexe les facteurs sociaux et culturel » (H. Bloch., 2003).

#### **II.3.2. Histoire du mot « Handicap »**

Le mot handicap vient d'une expression anglaise : "hand in cap", qui se traduit littéralement "main dans le chapeau". En effet, cette appellation est issue d'un jeu d'échange d'objets personnels pratiqué en Grande-Bretagne au XVIe siècle. Un arbitre jugeait les objets et veillait à l'équivalence des prix de manière à garantir l'égalité des opportunités pour les joueurs. Le handicap exprimait alors la situation négative, défavorable, de la personne qui avait tiré un mauvais prix.

Dès l'Antiquité, en passant par le Moyen Âge, le mot handicap a toujours été utilisé comme un moyen pour signifier l'exclusion, la pauvreté, l'infirmité et l'incapacité, mais, à partir du milieu du XXe siècle, ce mot a commencé à prendre un autre sens et il est même devenu privilégié car les premières lois et associations de défense des personnes handicapées et de leurs droits sont apparues (Achachera, 2015).

### II.3.3. Les différents types de handicap

Selon la loi du 11 février 2005, les situations de handicap auxquelles sont confrontées les personnes sont infiniment variées. Il faut savoir qu'il existe différentes familles de handicaps et que les individus sont touchés par ceux-ci de multiples façons. Les uns n'ont qu'une seule déficience, tandis que d'autres en ont plusieurs, aussi il en existe qui sont nés avec un handicap, alors que d'autres peuvent être atteints au cours de leur vie.



Figure 2.10 : Certains types de handicap (Source : [www.evoxya.com](http://www.evoxya.com))

Il en existe plusieurs types, dont nous citons les suivants :

- Handicap mental (ou déficience intellectuelle).
- Handicap sensoriel : handicap auditif et Handicap visuel.
- Handicap moteur ou physique.
- Handicap Psychique.
- Pluri handicap.
- Polyhandicap.
- Traumatisme crânien.
- Maladies invalidantes.
- Le trouble du spectre autistique.

### II.3.4. Causes liées aux différents types de handicaps

Ces causes sont classées en trois grandes familles (Koumbouna, 2020), comme suit :

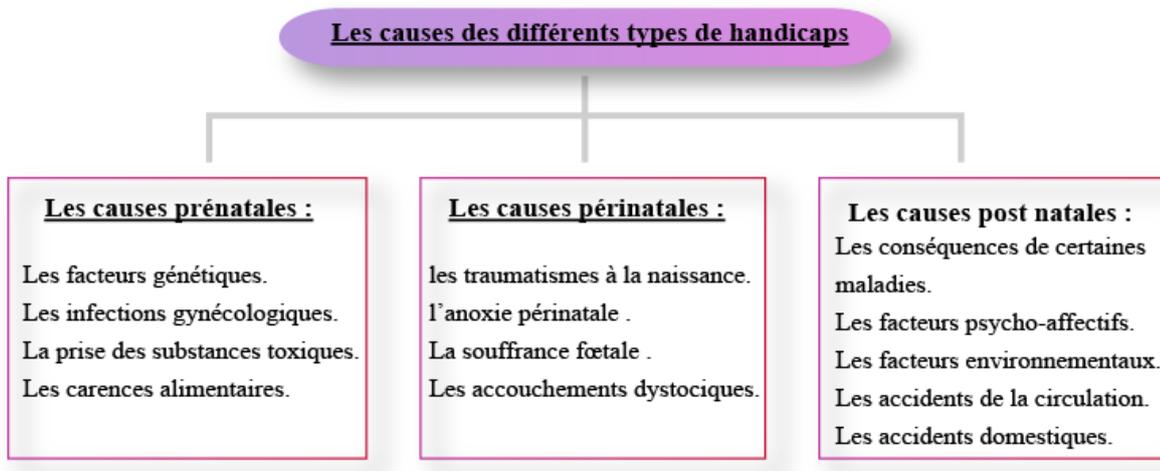


Figure 2.11 : Les causes des différents types de handicaps

(Source : Koumbouna, 2020 et Traitée par auteur, 2022)

Auparavant, il était très compliqué, au niveau international, de déterminer les causes qui provoquent un handicap et ce, en raison de leurs diversités et de leurs augmentations quotidiennes ainsi que du fait de la croissance démographique et du progrès scientifique ; mais il est désormais possible de le faire actuellement (OMS, 2014).

### II.3.5. La prévalence mondiale du handicap

Sur la base du dernier état des lieux réalisé par l'OMS et révisé en 2021, le monde recense plus d'un milliard de personnes souffrant d'une forme ou d'une autre de handicap, ce qui correspond à environ 15 % de la population du monde entier.

Ce recensement chiffre que plus de 253 millions de personnes portent un handicap visuel (3,2%), et que 466 millions de personnes ont un handicap auditif (6%), tandis que plus de 200 millions sont victimes d'un handicap mental (2,6%), et en ce qui concerne le handicap physique, 75 millions de personnes utilisent quotidiennement un fauteuil roulant (1%) ; à ces chiffres s'ajoutent les personnes en situation de polyhandicap, de plurihandicap et même les personnes autistes (OMS, 2021).

### II.3.6. Prévalence du handicap en Algérie

Selon l'enquête de 2010 réalisée par l'Office national des statistiques à la demande du ministre de la Solidarité, il y a environ 2 millions de personnes handicapées en Algérie, puisqu'elle dénombre environ 284 073 personnes souffrant de troubles de motricité, 73 937 personnes ayant une déficience auditive, 173 362 handicapés visuel, 167 331 handicapés

mentaux, 85 611 personnes polyhandicapées, 626 711 souffrant de maladies chroniques, 505 299 personnes ayant d'autres handicaps et 29 380 personnes ayant un handicap non déclaré (ONS, 2010).

### **II.3.7. Les Personnes handicapées au sein de la société algérienne**

Au sein de la société algérienne, et malgré toutes les règles des Nations unies sur l'égalité des chances qui ont été signées, les personnes en situation de handicap sont toujours confrontées à d'énormes difficultés qui les empêchent d'exercer leurs droits et leurs libertés et de participer pleinement à la société.

Cette catégorie sensible est exposée à des actes de discrimination directe ou indirecte dans tous les secteurs de leur vie quotidienne. Les endroits publics sont entièrement inaccessibles aux personnes ayant un handicap physique, il est impossible pour les non-voyants de consulter des textes imprimés dans un format qui leur est adapté. Les sourds sont souvent dans l'impossibilité d'utiliser leur langage habituel (langue des signes), les personnes atteintes de maladies mentales constituent un ensemble de personnes qui sont menacées d'être privées de leur liberté, autrement dit d'être hospitalisées contre leur gré, ces personnes sont souvent exclues des lieux car le public les considère comme une source de gêne. Malheureusement, l'état et la société algériens traitent les personnes handicapées comme étant un problème et un objet de pitié à aider et non comme des personnes bénéficiant de droits égaux (Ouadi, 2016).

### **II.3.8. Le trouble du spectre autistique comme un type de handicap**

Avant 1975, l'autisme faisait partie des maladies mentales guérissables, mais après l'adoption du « Development Disabilities Act » par le Congrès américain, l'autisme a commencé à être perçu comme un trouble clinique, et ce grâce à la biologie et à la génétique qui sont venues confirmer le fait que l'autisme n'est pas une maladie mentale, mais un handicap, une déficience (Maleval, 2014).

#### **II.3.8.1. Aperçu historique**

L'autisme est un terme dont l'origine est "grecque" et qui désigne le "moi". Le psychiatre Bleuler a employé ce terme en 1911 pour la toute première fois, et ce dans le but de décrire un aspect de la schizophrénie, qui correspond à une situation dans laquelle un autrui se coupe du monde extérieur pour se renfermer sur lui-même (Fombonne, 2003).

Dans les années 1940, le psychiatre Kanner a figuré parmi les premiers chercheurs dans ce domaine, appelé à l'époque "troubles envahissants du développement", qui a rapidement été modifié en 1943 par lui-même en lui attribuant le nom d'"autisme infantile précoce" afin de

qualifier une incapacité innée à créer un contact émotionnel avec les autres et une forte résistance au changement (Beiger et al.,2011).

Il a fallu attendre les années 1980 pour que l'autisme soit inclus dans le DMS en tant que troubles globaux du développement et récemment, en 2013, le nom TED a été définitivement remplacé par TSA (trouble du spectre autistique) (DMS<sup>1</sup>, 2013).

### **II.3.8.2. Définition**

« *L'autisme est un trouble envahissant du développement (TED), caractérisé par un développement anormal ou déficient, manifesté avant l'âge de trois ans avec une perturbation caractéristique du fonctionnement dans chacun des trois domaines suivants : Interactions sociales réciproques, communication, à la fois verbale et non verbale et comportements avec des gestes répétitifs, stéréotypés, des rituels, des intérêts restreints* » (OMS, Sd).

### **II.3.8.3. Les symptômes de l'autisme**

La personne est jugée comme souffrant d'un TSA en cas de manifestation des symptômes suivants qui se répartissent en deux catégories (DMS-5 et CIM<sup>2</sup>-10) :

Catégorie 01 : Déficiences de la communication et des interactions sociales :

- Déficit de réciprocité social ou émotionnelle ;
- Déficit des comportements non verbaux ;
- Déficit du développement, maintien de la compréhension des relations.

Catégorie 02 : Caractère restreint et répétitif des comportements des intérêts :

- Mouvement répétitifs ou stéréotypés ;
- Intolérance aux changements, adhésion inflexible à des routines ;
- Intérêts restreints ou fixe, anormaux dans leurs intensités ou leur but ;
- Hyper ou hypo sensibilité aux stimuli sensoriels.

### **II.3.8.4. Niveaux de gravité de l'autisme**

Tableau suivant présente les différents niveaux de sévérité de l'autisme.

Tableau 2.1 : Les différents niveaux de sévérité de l'autisme (Irimi, 2016).

---

<sup>1</sup> DSM : Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux

<sup>2</sup> CIM : Classification Internationale des Maladies 10<sup>ème</sup> édition

Niveau de gravité de TSA	Communication et interactions sociales	Comportements stéréotype et intérêts restreints
<b>Niveau 01</b> Nécessitant un soutien très substantiel	Atteintes affectent sévèrement le fonctionnement (initiation très limitée et réponses minimales, quelques mots)	Préoccupations, rituels fixés ; comportements répétitifs nuisent considérablement au fonctionnement. Détresse lorsque les routines sont perturbées, difficile de rediriger ses intérêts.
<b>Niveau 02</b> Nécessitant un soutien substantiel	Déficits marqués de communication verbale et non verbale ; altérations sociales manifestes malgré les mesures de soutien en place ; initiation et réponses réduites ou particulières.	Comportements restreints et intérêts atypiques sont assez manifestes pour être constatés par un observateur extérieur et perturber le fonctionnement dans une variété de contextes. Détresse et frustration lorsque modification des CSIR <sup>4</sup> .
<b>Niveau 03 :</b> Nécessitant un soutien.	Sans soutien, les déficits causent des incapacités manifestes. Manque d'intérêt, difficultés à initier et réponses atypiques aux avances sociales.	Rituels et comportements restreints et répétitifs nuisent de manière significative au fonctionnement dans ou plusieurs contextes. Résistance aux tentatives de mettre fin au CSIR <sup>4</sup> .

### II.3.8.5. Les origines de l'autisme

Le schéma ci-dessous illustre les différents facteurs responsables de l'existence de cette déficience ainsi que leurs impacts sur la personne (Bellusso,2013).

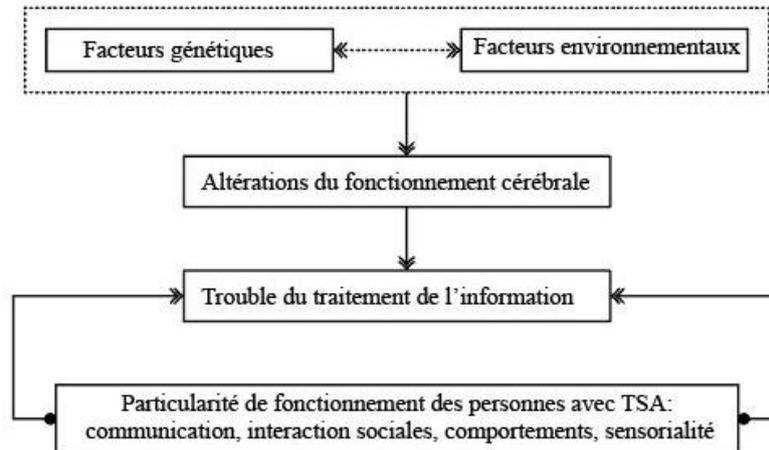


Figure 2.12 : Schéma récapitulatif des facteurs responsables de l'autisme (Bellusso, 2013)

À ce jour, l'origine de l'autisme n'a pas été déterminée, mais les chercheurs affirment qu'il pourrait être causé par des facteurs génétiques ou environnementaux, ces deux derniers provoquant des altérations du fonctionnement cérébral, donc un trouble du traitement de

l'information qui agit sur la communication, l'interaction sociale, le sensoriel et le comportement.

### **II.3.8.6. Les différents types de l'autisme**

La classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes, publiée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), divise l'autisme en plusieurs type :

**Troubles envahissants du développement :** c'est un ensemble de troubles se distinguant par des anomalies qualitatives dans les interactions sociales réciproques et les modes de communication, ainsi que par un répertoire d'intérêts et d'activités limité, stéréotypé et répétitif (OMS, Sd).

**Autisme infantile :** c'est un développement anormal ou altéré, se déclarant avant l'âge de trois ans, avec une perturbation du fonctionnement dans chacun des trois domaines psychopathologiques suivants : interactions sociales réciproques, communication, comportement. En outre, ce type de trouble est souvent accompagné d'autres symptômes non spécifiques, tels que : phobies, troubles du sommeil et de l'alimentation, crises de colère et gestes auto-agressifs (OMS, Sd).

**Autisme atypique :** Cette variété diffère de l'autisme infantile en raison de l'âge d'apparition et également parce qu'elle ne présente pas suffisamment de manifestations pathologiques dans un ou deux des trois domaines psychopathologiques nécessaires au diagnostic de l'autisme. Cet autisme atypique concerne généralement des enfants présentant un retard mental profond et un trouble spécifique grave du langage (OMS, Sd).

**Syndrome de Rett :** trouble uniquement décrit à ce jour chez les filles, il se définit par un développement initial qui semble normal, suivi d'une perte partielle ou complète du langage, de la capacité de marcher et de l'utilisation des mains, associée à un ralentissement du développement crânien, apparaissant généralement entre 7 et 24 mois (OMS, Sd).

**Syndrome d'Asperger :** Il se présente sous la forme d'altérations de la qualité des interactions sociales réciproques, similaires à celles observées dans l'autisme, associées à des répertoires d'intérêts et d'activités restrictifs, stéréotypés et répétitifs. Il se distingue fondamentalement de l'autisme en ce qu'il ne s'accompagne pas de troubles du langage ou du développement cognitif. Les anomalies se maintiennent généralement à l'adolescence et à l'âge adulte (OMS, Sd).

### II.3.8.7. Sensibilités sensorielles chez les personnes autistes

La perception sensorielle se fait par l'intermédiaire de différents organes qui agissent comme des récepteurs de stimulus. Sept sens sont associés au système perceptif : la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, le toucher, le système vestibulaire et la proprioception. Les organes sensoriels reçoivent les stimuli sensoriels de l'environnement, tels que le son, la lumière ou le bruit, et les convertissent en signaux nerveux. Par la suite, le cerveau les interprète, les assimile et les traduit en une sensation. Le traitement des informations venant de l'environnement ou du corps se fait chez les personnes neurotypiques de forme fluide, voire inconsciente (Harrisson et al., 2018). À la différence des personnes autistes qui ont un fonctionnement perceptif différent, même si ces dernières vivent dans le même monde physique que les personnes neurotypiques (Bogdashina, 2020). Cette spécificité sensorielle affecte leur sensibilité aux aspects liés aux sens et rend difficile le filtrage des informations sensorielles provenant de leur entourage, ceci les empêchant de poursuivre leur vie de manière normale, et provoquant des réactions non adaptées (Harrisson et al., 2018).

### II.3.8.8. Les différents troubles de l'intégration sensorielle

Selon Babington (2018), les troubles de l'intégration sensorielle chez les personnes autistes sont classés comme ceci :

#### ➤ Trouble de la modulation sensorielle

La modulation sensorielle offre au cerveau la possibilité de filtrer les informations réceptionnées en fonction de leur importance. Grâce à cette modulation, la personne peut rester éveillée de manière optimale et maintenir un niveau de vigilance approprié. Les troubles de la modulation sensorielle consistent en des difficultés de traitement des données sensorielles arrivant au cerveau. Ils modifient l'intensité de la réponse d'une personne aux stimuli auxquels elle est confrontée (Babington et Garosud, 2018). Ce dysfonctionnement peut être représenté par :

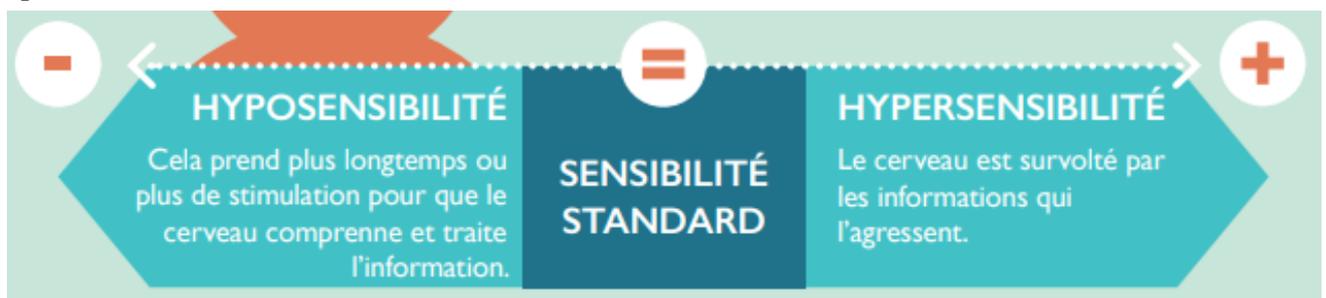


Figure 2.13 : Schéma indiquant les troubles de la modulation sensorielle (Source : Garosud, 2018).

**Une hypersensibilité :** il s'agit d'une sensibilité exacerbée à l'environnement, il faut savoir que des stimulations très faibles suffisent à activer les seuils neurologiques de la personne et à déclencher une réponse. Le cerveau perceptif de la personne hypersensible absorbe une trop grande quantité d'informations et ne réussit pas à les gérer, ni à les libérer de ses pensées ; autrement dit, elle est incapable de se protéger de son propre entourage (Bogdashina, 2020).

**Une hyposensibilité :** Elle se traduit par une sensibilité réduite, voire une insensibilité, aux différents stimuli sensoriels de l'environnement. Le cerveau perceptif de ces personnes a besoin d'une longue exposition à un stimulus à haute fréquence pour pouvoir traiter les informations sensorielles et y faire face (Bogdashina, 2020)

- **Trouble de discrimination sensorielle :** La personne atteinte d'un trouble de la discrimination sensorielle a des difficultés à comprendre et à classer les goûts, les textures ou les odeurs. Ce trouble touche la manière dont la personne identifiera les stimuli sensoriels et la signification de la sensation (Babington, 2018).
- **Trouble de moteurs à base sensorielle :**

Ces perturbations motrices se présentent sous deux formes

- Le trouble postural se définit comme la difficulté à maintenir un contrôle corporel adéquat au repos ou lors de l'exécution de tâches motrices (Miller, 2007).
- Les troubles praxiques : correspondent à des problèmes de planification et de coordination au niveau des mouvements indispensables pour effectuer une action (Cermak & Osten, 2007).
- **Trouble de la perception sensorielle :** selon Bogdashina (2020), ce trouble se distingue à travers trois grands aspects qui sont :
  - La difficulté à différencier les données d'arrière-plan et de premier plan.
  - La persistance des sensations : les enfants TSA ont des difficultés à oublier une sensation ressentie.
  - La perception fragmentée : les autistes accordent plus d'importance à ce qui se trouve dans leur champ visuel et ils percevraient plus les parties d'un tout sans pouvoir reconstruire l'image globale, contrairement aux personnes neurotypiques qui possèdent une vision globale.

### II.3.8.9. Autisme et l'architecture

Même si les recherches scientifiques relatives à l'impact de l'architecture sur les conditions de vie des personnes autistes, en particulier sur la réduction de leur anxiété, restent encore peu nombreuses, certaines études ont néanmoins réussi à prouver que certaines qualités spatiales (forme, atmosphère, couleurs, matériaux, volumes, etc.) peuvent avoir une réelle influence sur leur bien-être. À partir des années 2000, et dans le cadre de la création d'un cadre de vie adapté aux spécificités des enfants et adultes autistes, l'architecture a beaucoup évolué. Ils ont commencé à intégrer les problématiques liées aux troubles autistiques dès la phase d'idéation du projet, ce qui permet de construire des bâtiments thérapeutiques de qualité, réduisant au maximum l'inconfort que peuvent ressentir les intéressés (Demilly, 2014).

### II.3.8.10. Quelques particularités architecturales des structures d'accueil adaptées aux enfants atteints de TSA

Au fil des années, les différents échanges avec les associations, les personnes autistes, les familles, les médecins et les scientifiques ont ainsi permis d'établir progressivement certaines recommandations pour la conception d'espaces adaptés à cette catégorie.

#### Typo Morphologie du bâtiment

Les illustrations ci-dessous correspondent aux schémas proposés pour concevoir des centres d'accueil pour enfants autistes

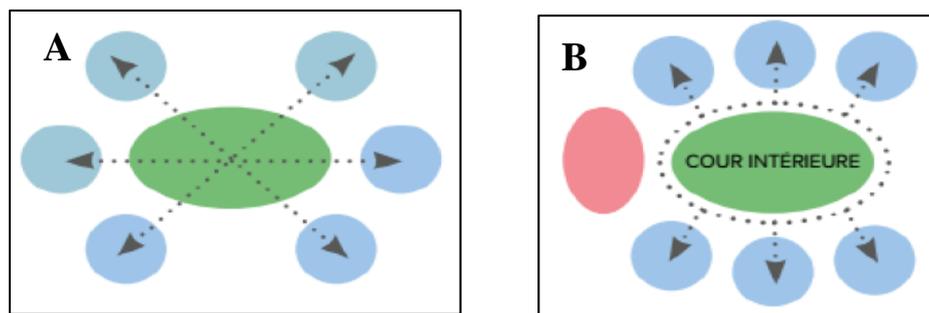


Figure 1.14 : Schémas d'organisation des centres d'accueil pour autistes (Source : Lefilef, 2021)

Christelle Jacques (2013), a effectué de nombreuses études sur différentes constructions, qui satisfont les conditions de lisibilité du lieu, elle a pu lister les principales typologies répondant à ce critère. Elle a prouvé que les constructions présentant un « cœur central (voir figure 2.14-A) » ou une typologie en « C, L ou en U (voir figure 2.14-B) » offrent une vue d'ensemble de la structure et des différents espaces qui la composent, ceci grâce à l'espace commun central qui facilite la compréhension de l'ensemble.

### **Formes organiques et lignes courbes**

Les lignes courbes et les formes organiques figurent parmi les formes les plus préférées par les enfants, puisqu'elles représentent plus la vie, la nature, le changement et même plus adéquat aux enfants qui sont constamment en mouvement. Cet intérêt envers les formes courbes est remarquable surtout chez les enfants avec TSA (Jacques, 2013 ; Bellusso et al., 2017).

D'après Jacques (2013), les projets architecturaux devraient privilégier les lignes courbes dites plus « friendly » pour les structures accueillant des personnes avec TSA, car elles sont plus appréciées pour leur caractère informel et plus sécuritaires de fait quelle permettent d'éviter les coins aigus ou à angle droit.

### **La dimension ou la taille de l'espace**

On trouve sur cette photo toutes les propositions possibles concernant la taille de l'espace permettant de répondre au caractère spécifique de cette catégorie.

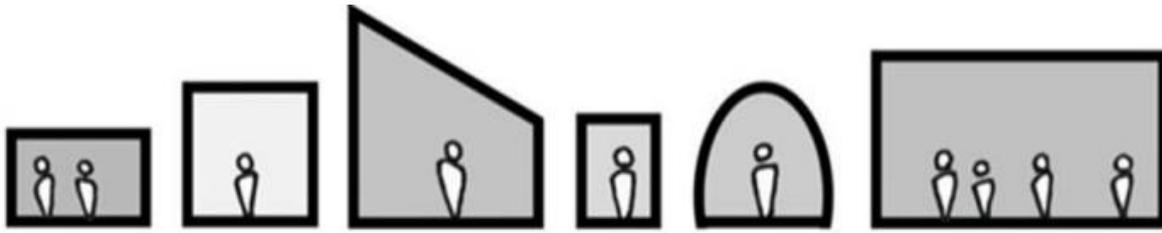


Figure 2.15 : Une variété de formes, d'ambiances et d'espaces pour combler tous les besoins  
(Source : Lefilef, 2021)

En ce qui concerne les caractéristiques fondamentales de la dimension favorable de l'environnement pour les enfants avec TSA, une partie est d'avis que les espaces ne doivent pas être trop grands (un plafond bas, de petits volumes et des zones d'apprentissage intimement proportionnées) et d'autres, au contraire, pensent qu'il est plutôt préférable d'avoir de grands volumes car se trouver dans un espace petit et restreint peut parfois causer de la peur et du malaise. Par conséquent, tous ces débats nous démontrent qu'il ne faut pas privilégier un seul type d'espace, mais proposer une diversité d'ambiances, de manière à satisfaire les besoins de chacun (Jacques, 2013).

### **La prévisibilité de l'espace**

A savoir que selon Humphrey (2011) et Magda (2008) " les repères sont essentiels pour la compréhension de l'espace, de plus la création d'une séquence spatiale par la compartimentation et la création de zone, permet l'intégration d'une routine qui rassure l'enfant TSA ". Il est donc primordial de favoriser les espaces visibles mais surtout qui offrent une sensation de sécurité, le meilleur moyen de rendre l'environnement prévisible est par :

- Insertion de repères visuels, de pictogrammes.
- La mise en place d'un zonage sensoriel des espaces.
- La mise en séquence est indispensable lors de la conception de l'espace, cela contribuera à sa maîtrise et à son organisation.
- Le recours aux zones de transition entre les fonctions à caractère différent rend plus facile la compréhension de l'espace.
- La création d'espaces d'apaisement : un tel espace donne la possibilité à l'enfant TSA de se séparer de l'activité d'un groupe pour se calmer en cas de surcharge sensorielle.
- La quantité d'espace : on parle plus généralement de la bulle d'espace personnel. Dans le cas des autistes, cette quantité d'espace à respecter est souvent plus importante et sensible par rapport à une personne typique.

### **Les ambiances physiques et architecturales intérieures**

L'enfant TSA est très sensible à son environnement, il influe négativement sa santé et son état psychologique, c'est ce dernier qui est mal conçu. Il est donc nécessaire d'assurer un confort maximal, notamment sur le plan visuel, acoustique et thermique. De plus, il est nécessaire de maîtriser l'aménagement des espaces intérieurs ainsi que le choix du mobilier, matériaux de construction et des couleurs (jacques, 2013 ; Demilly, 2014).

#### **Confort thermique**

Une grande importance doit être accordée au confort thermique lors de la conception du bâtiment dédié aux enfants atteints de TSA. Les enfants sont généralement très proches de la surface du sol, il est donc très important de maintenir une température ambiante stable tout au long de l'année, que ce soit par le biais d'un chauffage, de type radiant, intégré au sol ou de systèmes géothermiques. En outre, la présence d'arbres aux alentours du bâtiment contribue à maintenir la température intérieure stable (Humphreys, 2011 ; jacques, 2013 ; Demilly, 2014).

Par ailleurs, la ventilation naturelle du bâtiment est un élément important à prendre en compte afin de maintenir une certaine qualité de l'air. La ventilation transversale augmente le renouvellement de l'air de façon optimale et bénéfique pour la santé des occupants, aussi, la ventilation naturelle par effet cheminée constitue une excellente stratégie à appliquer (jacques, 2013).

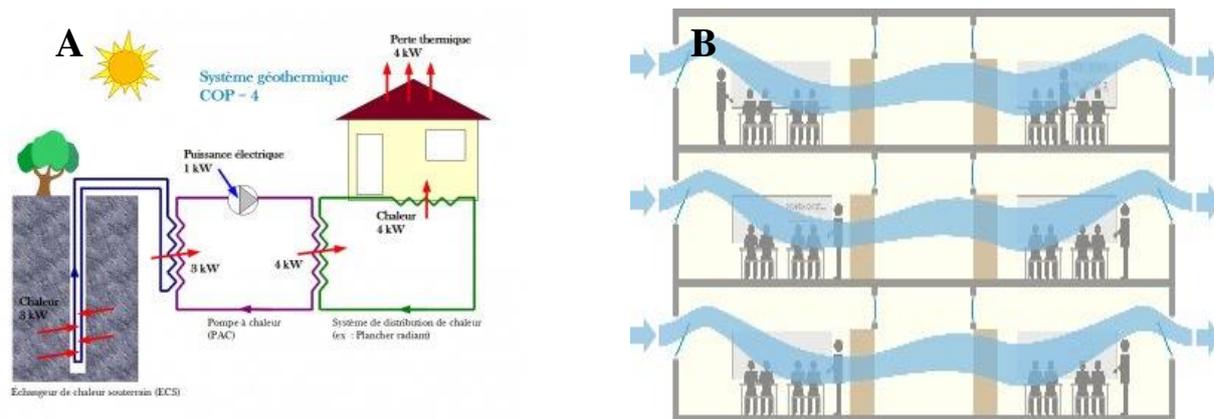


Figure 2.16 : Les éléments assurant le confort thermique dans les établissements accueillant des personnes autistes (Source : Lefilef, 2021)

Le confort thermique au sein des centres peut être assuré par l'utilisation du système géothermique (photo A) et de la ventilation transversale (photo B), mais bien sûr, il existe plusieurs moyens de l'assurer (matériaux de construction, dispositifs).

### II.3.8.11. L'autismes en Algérie

La société algérienne est très discriminatoire, réductrice, dévalorisante à l'égard de l'autisme en raison du manque de connaissance de ce phénomène, dont plus de 80% de la population algérienne ne connaît que son appellation sans comprendre ce qu'est l'autisme, son origine, ses manifestations et surtout sans connaître son impact sur la personne touchée, ni comment il détruit la stabilité familiale et bouleverse leur vie et leur quotidien dans un total désarroi.

Cette ignorance relative à l'autisme dans le milieu populaire a provoqué et continue à provoquer une augmentation considérable du nombre de cas ; Plus de 500.000 personnes en Algérie ont été déclarées comme autistes, mais il restera toujours un chiffre non définitif puisqu'il n'existe pas vraiment d'étude détaillée appropriée à ce phénomène qui détermine avec précision le nombre total et actuel d'autistes en Algérie.

Cet état actuel des autistes en Algérie n'est pas seulement causé par la méconnaissance de ce phénomène mais résulte aussi de la non sensibilisation dont les médias sont quasiment les seuls sensibilisateurs en Algérie ; pas de politique sanitaire dédiée à l'autisme ; mais surtout le manque d'accompagnement et de personnel dûment formé dans ce domaine ; car il n'existe pas de centres spécialisés et adoptés à la spécificité de cette catégorie, sur tout le territoire national il n'existe que 6 centres accueillant un total de 4000 enfants, soit 0,8% des cas déclarés. Il faut

souligner que, sur le plan architectural, les centres ne sont pas tous conçus de façon spécifique pour les personnes autistes (Chakali, 2019 ; Rehab, 2020).

## **Conclusion**

Au cours de ce deuxième chapitre, une clarification des trois concepts principaux de notre recherche a été effectuée : le confort thermique, le confort psychologique lié à la qualité architecturale, et aussi la notion de personnes à mobilité réduite, qui est une notion complexe à expliquer et à faire admettre par le monde entier, par la suite nous avons choisi la catégorie des personnes à mobilité réduite sur laquelle notre recherche a été approfondie. Pour conclure, la synthèse bibliographique nous a conduit à déduire que pour réaliser un environnement adapté aux particularités des personnes avec trouble du spectre autistique, et qui favorise l'interaction des enfants avec leur environnement physique et humain, il faut d'abord assurer la variété des ambiances et ce par la maîtrise et la richesse des stimulations sensorielles offertes et par la gestion des stimuli externes. De plus, pour ce faire, le projet architectural doit répondre à deux thématiques spécifiques qui sont le confort thermique, considéré comme la première étape clé du bien-être, ainsi que le confort psychologique lié à la qualité architecturale de l'espace et ce, bien évidemment, sans ignorer les autres confort (visuel et acoustique, etc.).

# **Partie pratique**

---

---

## **CHAPITRE III :**

Étude empirique des établissements scolaire des autistes à  
Bejaia

---

---

## CHAPITRE III : Étude empirique des établissements scolaire des autistes à Bejaia

### Introduction

Dans le souci de cerner et d'identifier les principaux problèmes liés au confort thermique dans les bâtiments éducatifs destinés aux personnes à mobilité réduite, nous avons choisi dans ce chapitre d'analyser le fonctionnement thermique d'un bâtiment éducatif situé dans la ville de Béjaïa, ceci en tenant compte de la composition de l'enveloppe et du climat extérieur dans lequel ils se trouvent, ces éléments sont les responsables des différents phénomènes thermiques qui se produisent à l'intérieur d'un bâtiment. Pour ce chapitre, nous avons opté pour une structure en trois parties, la première partie est réservée à la présentation du contexte climatique de la ville de Béjaïa, cas d'étude et le protocole de mesure employé, tandis que la seconde et la troisième partie consistent en une investigation sur terrain, fondée sur l'utilisation de deux outils de recherche. La 2ème partie est une étude quantitative par la prise de mesures in situ à l'aide d'un thermomètre, à laquelle s'ajoute l'étude qualitative (la 3ème partie) par le biais d'un questionnaire sur la perception et le ressenti des personnes qui fréquentent régulièrement ces bâtiments afin de collecter des informations sur les besoins thermiques et spécifiques des occupants.

### III.1. Présentation de la ville de Bejaia

Géographiquement, la ville de Bejaia se trouve au centre de la côte méditerranéenne de l'Afrique du Nord. Elle est localisée dans le nord-est de l'Algérie, à une distance d'environ 230 km à l'est de la capitale Alger. Celle-ci est implantée au nord de l'embouchure de la Soummam, sur le versant sud de la montagne de Gouraya.

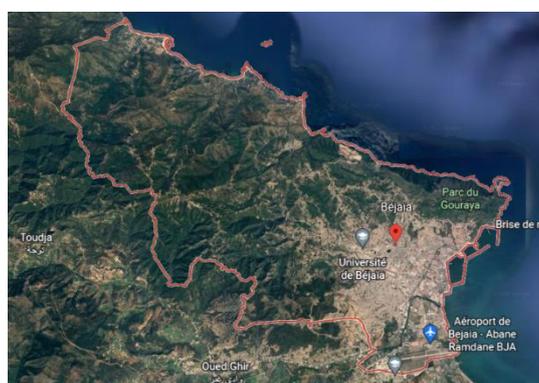


Figure 3.1 : Carte illustrant la localisation de la ville de Bejaïa (Source : Google earth)

Le territoire de la commune de Bejaia est bordé :

- Au nord et à l'est par la mer Méditerranée ;
- A l'ouest par la commune de Toudja ;
- Au sud par la commune d'Oued Ghir, Tala Hamza et Boukhelifa.

### III.2. Contextes climatiques de la ville de Bejaia

En ce qui concerne le climat, la ville de Béjaïa est dominée par celui de l'intérieur de la Méditerranée. Étés doux, secs et ensoleillés et hivers doux et pluvieux. Les principaux facteurs participant au processus de transformation climatique sont : les température, l'humidité, Les précipitations et les vents.

#### Les températures

Les données enregistrées et illustrées dans le graphe ci-dessous montrent que la ville est caractérisée par deux saisons :

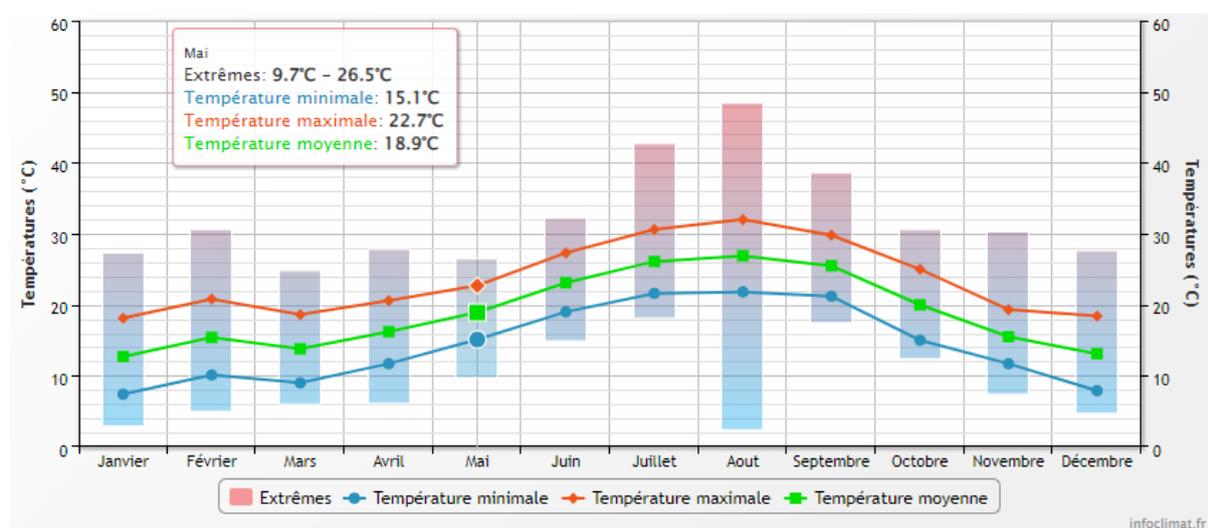


Figure 3.2 : Valeurs des températures moyennes mensuelles (source : infoclimat.fr)

De juin à octobre, une saison chaude, et de novembre à mai, une autre froide, sachant que les températures les plus faibles sont atteintes en hiver, en janvier, et les plus élevées en août.

#### Les précipitations

Le bilan pluviométrique annuel est dominé à Béjaïa par une courte saison de sécheresse allant de juin à août, où les précipitations sont très faibles.

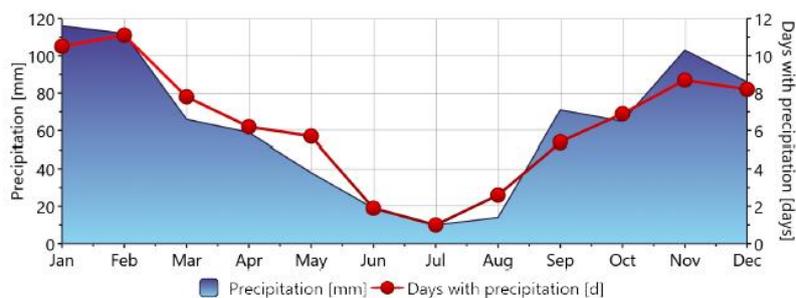


Figure 3.3 : Graphe de valeurs des précipitations annuelles (source : Meteonorm, Sd)

La saison des précipitations commence en octobre et se termine en avril. Janvier représente le mois le plus pluvieux avec une valeur moyenne approximative de 115 mm tandis que juillet est le mois le plus sec avec une valeur moyenne d'environ 10 mm.

Conformément à cette analyse climatique de la ville de Bejaia, il est apparu que la meilleure période pour effectuer des prises de mesures de températures au niveau du cas d'étude correspond aux mois de juillet, et août pour la saison chaude et aux mois de décembre ou janvier pour la saison froide.

### III.3. Etude quantitative (Prise de mesure sur terrain)

Cette première partie de l'étude empirique se base sur l'évaluation de l'impact des matériaux de construction et des dispositifs architecturaux sur le confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite, et cela à partir de la prise de température extérieure et la température ambiante des espaces intérieurs des deux cas d'étude durant la semaine et la journée représentatives de la période hivernale et estivale.

#### III.3.1. Présentation des cas d'étude

Dans le cadre de cette recherche, on a jugé qu'une étude fondée sur deux cas, serait très utile pour étudier le confort thermique et atteindre les objectifs fixés. Les deux établissements sélectionnés sont localisés au niveau de la ville de Béjaïa ; Le premier cas d'étude est une école primaire (voir figure 3.4 A) tandis que le second est un centre psychopédagogique pour les enfants handicapés (voir la figure 3.4 B).

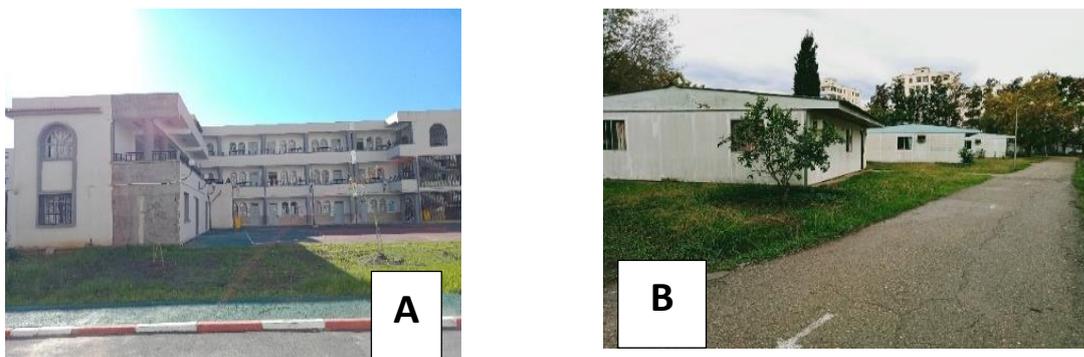


Figure 3.4 : Les deux cas d'études (Source : Auteur, 2021)

Ce choix est dû d'une part à la non existence des écoles spécialement conçues pour cette catégorie, d'autre part car ces établissements sont de compositions différentes, ce qui nous permettra d'étudier les différents comportements thermiques et de les comparer.

### III.3.1.1. Cas d'étude N°01 : « L'école primaire les quatre chemins »

#### Fiche technique

Le tableau qui figure en dessous est la fiche technique de notre cas d'étude (L'école primaire des quatre chemins).

Tableau 3.1 : Fiche technique du cas d'étude (Source : auteur, 2021)

Nom :	Ecole primaire les quatre chemins.
Domaine :	Education.
Capacité :	Type C (347 élèves)
Surface du terrain :	4909 m <sup>2</sup> .
Surface bâtie :	2125 m <sup>2</sup> .
Nombre de classe :	09 classes.
Maitre d'ouvrage :	Académie de la wilaya de Bejaia.

#### Situation géographique

Dans la figure au-dessous, on peut voir la localisation de cet établissement par rapport à la ville de Bejaia, ainsi que les principaux points de repère caractérisant la zone dans laquelle est situé notre cas d'étude.

- 1<sup>er</sup> cas d'étude      ● La Gare routière      ● Sonatrach



Figure 3.5 : Situation de 1<sup>er</sup> cas d'étude « école primaire les 04 chemin » (Source auteur, 2021).

L'école primaire qui constitue notre cas d'étude est localisée au sein du quartier résidentiel les quatre chemins, à quelques pas de la gare routière, l'hôtel Sarrasin et Sonatrach à Bejaia, Algérie.

### Délimitation du cas d'étude

Vous trouverez sur le plan ci-dessous plusieurs éléments nécessaires à la compréhension de l'environnement immédiat de notre cas d'étude ainsi que sa délimitation.

● 1<sup>er</sup> cas d'étude    ● voie de circulation    ● équipement    ● Promotion immobilière



Figure 3.6 : Plan de masse représentant les limites du 1<sup>er</sup> cas d'étude (Source : Auteur, 2021)

L'école est bordée par :

- Au nord : par une voie de circulation.
- Au sud : par des équipements en R+3.
- A l'est : une promotion immobilière en R+9.
- Au l'ouest : par une voie de circulation et promotion immobilière en R+9.

### Description du projet

En fonction des différents plans (voir la figure 3.7) présentés ci-après, cette école est constituée de deux blocs bien distincts, posés de manière très simple en formant la lettre "L".

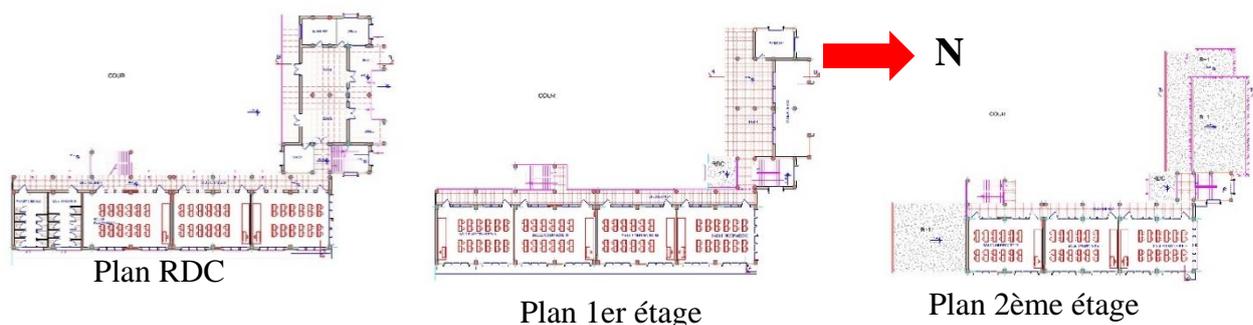


Figure 3.7 : les différents plans du cas d'étude (Source : Maître d'œuvre, 2021)

On trouve au rez-de-chaussée du premier bloc qui donne sur l'est, le hall d'accueil, le vestiaire et les espaces de dépôt et l'administration au premier étage, plus la cage d'escalier.

Le second est orienté vers le sud et il représente le bloc pédagogique en R+2, il possède neuf classes de cour, une salle polyvalente et deux blocs sanitaires, ainsi que la cage d'escalier, plus une coursive couverte sur toute la longueur du bâtiment.

### Caractéristiques constructives de l'enveloppe du projet

- **Composition de la paroi**

Les murs constituant l'espace clé de notre cas d'étude, en contact avec l'extérieur, sont des parois à double murette ; leur composition, de l'extérieur vers l'intérieur, est la suivante :

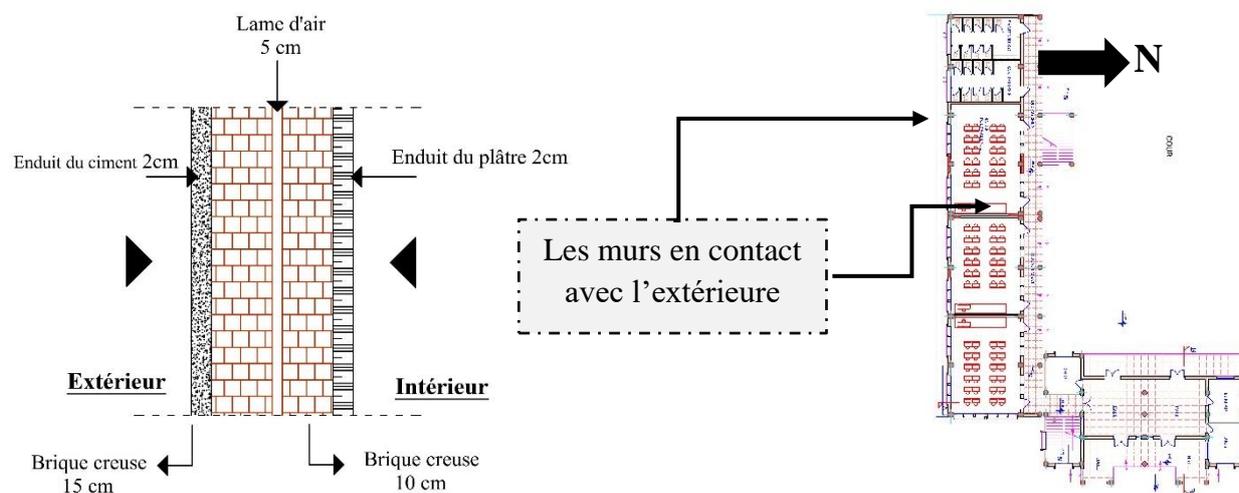


Figure 3.8 : Coupe schématique du mur extérieur des mur en contact avec l'extérieur

(Source : Auteur, 2021)

Le tableau ci-dessous décrit de manière détaillée les différents matériaux qui composent les murs en contact avec l'extérieur.

Tableau 3.2 : les matériaux de construction constituant le mur extérieur

(Source : auteur, 2021)

N°	Matériaux de construction	Epaisseur
01	Enduit du ciment	2 cm
02	Brique creuse	15 cm
03	Lame d'air	5 cm
04	Brique creuse	10 cm
05	Enduit du plâtre	2 cm

- **Les caractéristiques thermiques des matériaux**

Dans le tableau ci-dessous, nous retrouvons les propriétés thermiques des matériaux constituant les murs extérieurs et intérieurs de notre étude de cas.

Tableau 3.3 : les caractéristiques thermiques des matériaux

Source : Document Technique Réglementaire-fascicule 1, ministère de l'habitat, Algérie.

	Conductivité thermique $\lambda$ (W/m.k)	Capacité thermique C (J/kg.k)	Densité D(Kg/m <sup>3</sup> )
Enduit du ciment	1.4	1080	2200
Brique creuse	0.48	936	900
Lame d'air	0.047	1000	1
Enduit du plâtre	0.35	936	1150

- **Présentation de la façade du cas d'étude**

Suite à l'analyse des deux façades de l'espace clé de notre cas d'étude, nous avons constaté que ces dernières sont identiques dans leur composition et leur traitement bien que leur orientation diffère.



Figure 3.9 : Façade du 1<sup>er</sup> cas d'étude (Source : auteur, 2021)

Sont des façades très simples et basiques, dont la part la plus dominante est en maçonnerie avec un revêtement de ciment décoratif, et l'autre part est en simple vitrage de 3 mm d'épaisseur, ceci laisse passer des apports solaires importants ; il ne possède aucune protection solaire extérieure.

### III.3.1.2. Cas d'étude N° 02 : Centre psychopédagogique - Sidi Ali Lebher

#### Situation géographique

La figure inférieure illustre la situation de notre 2<sup>ème</sup> cas d'étude par rapport à la zone où il se situe.



Figure 3.10 : Situation du centre psychopédagogique de Sidi Ali lebher (Source : Google earth, 2022)

● Centre Psychopédagogique (2<sup>ème</sup> cas d'étude).

Notre deuxième cas d'étude se situe à l'est de Sidi Ali Lebher, dans la zone urbanisée POS 14B, tout près de l'aéroport Aban Ramadan, qui est la seule porte d'entrée aérienne de la wilaya de Béjaïa.

#### Délimitation du cas d'étude

Le centre est entouré par :

- Au nord : Terrain vierge.
- Au sud : Une voie secondaire, et des terres agricoles.
- A l'est : Terrain vierge.
- A l'ouest : par la voie de l'aéroport.



Figure 3.11 : Plan de masse représentant les limites du 2<sup>ème</sup> cas d'étude (Source : Auteur, 2021)

- Centre psychopédagogique
- La voie de l'aéroport
- Terrain Vierge
- Voie secondaire
- Terres agricoles
- Habitats collectifs

### Description du projet

Ce centre a plus de 30 ans d'existence, n'a pas été initialement conçu pour accueillir les enfants handicapés, mais a été récupéré par une association et réaménagé en un centre psychopédagogique.

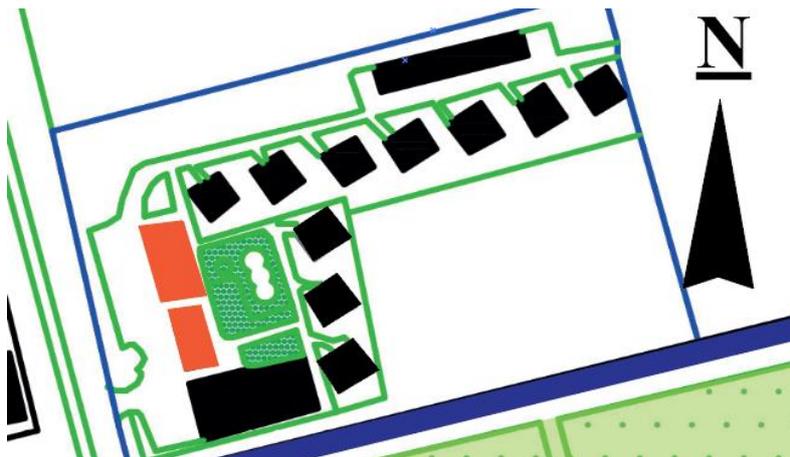


Figure 3.12 : Plan de masse du centre psychopédagogique de Sidi Ali Lebher (Source : auteur, 2021).

- Administration, la scolarité et le réfectoire
- Salles de cour

En effet, ce dernier n'est pas un bâtiment en maçonnerie mais un ensemble de cellules préfabriquées d'un seul niveau, dont 10 d'entre elles sont des salles de classe, et 03 autres cellules représentent l'administration, la scolarité et le réfectoire. Ces entités sont réparties de manière non ordonnée sur les côtés nord et ouest.

Ce centre se trouve dans une situation très dégradée, du fait qu'il est composé de cellules anciennes et préfabriquées, mais également à cause d'un manque d'entretien. Les façades de ce centre sont très simples avec un faible pourcentage d'ouvertures et sans protection solaire.



Figure 3.13 : Quelques images du centre psychopédagogique de Sidi Ali Lebher (Source : auteur, 2021).

### III.3.2. La semaine représentative de prise de mesures

Grâce aux données météorologiques de la ville de Bejaia proposées par le logiciel METEONORM, il a été possible de désigner la semaine et la journée représentatives de la période la plus froide et la plus chaude de la ville de Bejaia, et durant lesquelles les mesures seront effectuées au niveau des cas d'étude.

La semaine type «design Week » et la journée type «design Day » sélectionnées pour les prises de mesures sont les suivantes :

Tableau 3.4 : la semaine et la journée représentatives de la période hivernale et estivale

Source : Meteonorm, Sd

Période	Semaine type «design Week »	Journée type «design Day »
La plus froide	Entre le 19 au 25 décembre 2021	Le 19 décembre 2021
La plus chaude	Entre le 12 au 18 juillet 2022	Le 12 juillet 2022

### III.3.3. Protocole de prise de mesure

Pour pouvoir confirmer la validité des hypothèses susmentionnées et à partir des données climatiques de la ville de Bejaia, nous avons décidé d'effectuer des mesures physiques de l'aspect thermique dans l'espace clé des deux cas d'étude proposées, à savoir **la salle de cour** car elle représente l'espace principalement occupé tout au long de la journée de travail.

Ces mesures ne sont effectuées que pendant la période la plus froide en raison de la contrainte de temps, et ce après avoir fixé la semaine du 19 au 25 décembre 2021 comme semaine type "design Week" et le 19 décembre 2021 comme "design Day" de la période hivernale de l'année, sachant que cette semaine était également une semaine des vacances scolaires. L'opération a été réalisée dans les deux cas d'étude le même jour en respectant un intervalle d'une demi-heure entre chaque prise de mesure, c'est-à-dire que nous avons commencé à prendre des mesures à 8 heures du matin dans le 1er cas (l'école primaire des quatre chemins), puis à 8h30 dans le 2ème cas d'étude (le centre psychopédagogique de sidi Ali Lebher), dans des conditions naturelles, afin d'éviter toute sorte de dysfonctionnement imprévu, et en utilisant un "thermomètre" comme instrument de mesure.

Cette opération a été effectuée en prenant des mesures toutes les deux heures (bihoraire), de 8h à 16h dans le 1<sup>er</sup> cas et de 8h 30 min à 16h 30min dans le 2ème cas étude, Les paramètres mesurés sont : **la température ambiante et la température extérieure** vu leur effet direct sur la température du confort humain. Les résultats obtenus ont été enregistrés dans un tableau, afin

de les traduire en graphes et les interpréter de manière à mieux comprendre le fonctionnement thermique de ces bâtiments.

### III.3.4. Instruments de prise de mesure

Pour réaliser cette opération, on a utilisé un thermomètre hygromètre numérique LCD d'intérieur et d'extérieur, modèle TA138, capable de mesurer simultanément, au moyen d'une sonde intégrée, la température en °C et l'humidité relative en pourcentage (JUMIA, 2022).



Figure 3.14 : Thermomètre hygromètre numérique LCD intérieur / extérieur – Ta138

(Source : JUMIA, 2022)

### III.3.5. Les endroits sélectionnés pour les prises de mesures

En choisissant les lieux de prise de mesures, nous avons essayé que les points mentionnés ci-dessous soient pris en compte de manière à assurer le bon déroulement de cette opération et à obtenir des résultats réels sans aucune influence inattendue sur le fonctionnement thermique de ces bâtiments :

- Espace situé au niveau d'un plancher intermédiaire pour éviter les influences directes du sol et du toit.
- Dans des conditions naturelles où les portes et les fenêtres sont fermées et où aucun système de chauffage n'est allumé.
- Fenêtres sans protection solaire, qu'elles soient extérieures ou intérieures (rideaux).
- Des espaces avec une orientation différente.
- Des espaces ayant une composition de parois différentes, pour comparer le comportement de ces dernières.
- La possibilité d'accéder aux espaces sélectionnés.

**Au sein du cas d'étude n° 01 : « école primaire les quatre chemins »**

Pour le 1er cas d'étude, les mesures ont été faites au cœur d'une salle de classe située au centre du 1er étage (étage intermédiaire) à une hauteur de 1,20 m et cela en tenant compte de ces caractéristiques.

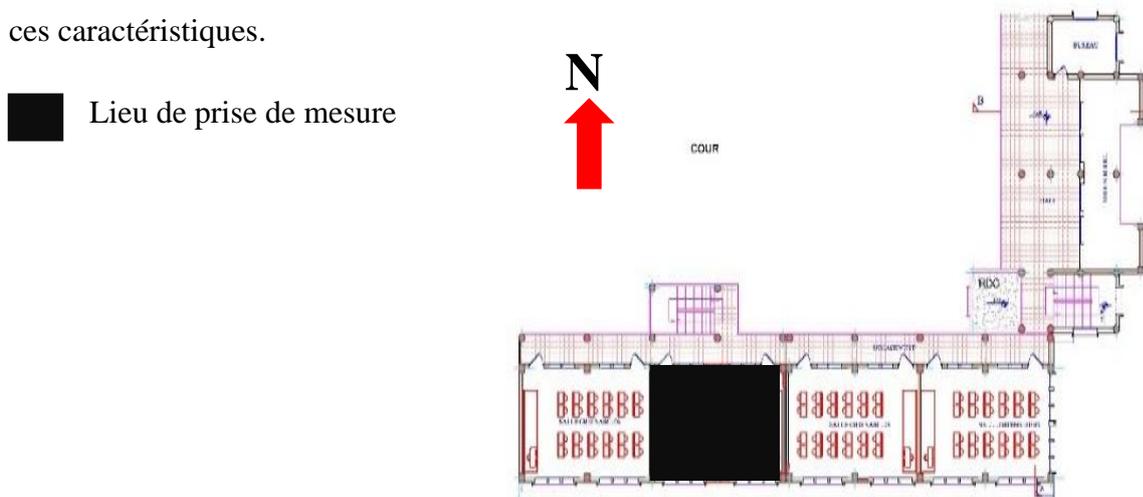


Figure 3.15 : Plan du 1er étage (étage intermédiaire) de l'école primaire (Source : auteur, 2021)

Dans le tableau ci-dessous, vous trouverez plus d'informations sur les caractéristiques du lieu des prises de mesures (salle de classe) :

Tableau 3.5 : les caractéristiques de lieu des prises de mesures, 1<sup>er</sup> cas d'étude

(Source : auteure, 2022)

Espace	Orientation	Surface	Nombre de fenêtres	Type de vitrage	Gains internes
Salle de classe 01	Sud	62 m <sup>2</sup>	08 fenêtres	Vitrage simple	41 occupants

A savoir que dans ce cas nous n'avons choisi qu'un seul espace car tous les autres ont les mêmes caractéristiques.

**Au sein du cas d'étude n° 02 : Centre psychopédagogique - Sidi Ali Lebher**

D'autre part, dans le 2ème cas, on a pris les mesures au milieu de deux pavillons ayant une orientation différente et au niveau du rez-de-chaussée puisqu'ils sont constitués d'un seul niveau, à une hauteur de 1,20 m toujours, en tenant compte de leurs caractéristiques.

- Lieu N°01 de prises de mesures
- Lieu N°02 de prises de mesures



Figure 3.16 : Plan de masse du centre psychopédagogique de Sidi Ali Lebher (Source : auteur, 2021)

Vous trouverez plus d'informations sur les caractéristiques des lieux de prises de mesures (salle de classe) dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3.6 : les caractéristiques des lieux des prises de mesures, 2émecas d'étude

(Source : auteure, 2022)

Espace	Orientation	Surface	Nombre de fenêtres	Type de vitrage	Gains internes
Salle de classe 01	Nord	25 m <sup>2</sup>	01 fenêtres	Vitrage simple	17 occupants
Salle de classe 02	Sud	25 m <sup>2</sup>	01 fenêtres	Vitrage simple	17 occupants

### III.4. Etude qualitative (Enquête par un questionnaire)

Cette deuxième partie de l'étude empirique se focalise sur l'évaluation du ressenti et de la satisfaction des personnes à mobilité réduite et des travailleurs vis-à-vis de la qualité thermique et architecturale des centres d'accueil existant au niveau de la ville de Bejaia, ainsi

que sur l'influence de ces facteurs sur leur confort psychologique. Le questionnaire a constitué un élément important pour la réalisation de cette enquête et l'atteinte de ces objectifs.

Suite à l'identification des objectifs de cette enquête, nous avons commencé à concevoir notre questionnaire de manière à faciliter sa compréhension par la population cible et à simplifier son traitement et son interprétation par l'auteur, ceci en nous basant sur les points suivants :

- Des questions simples et fermées, avec des réponses prédéfinies.
- Un nombre de questions qui ne dépasse pas 20 questions.
- Utilisation de questions introductives (supplémentaires) pour poser des questions de grande importance.
- Rédaction du questionnaire en deux langues françaises avec une traduction en arabe pour que les participants se sentent à l'aise.
- Etudier les sources d'information existantes, et la possibilité d'accéder aux centres de prise en charge des personnes à mobilité réduite de la ville de Béjaïa.

Le présent questionnaire est composé de 18 questions (voir annexe B) répartie en trois parties :

La première partie sont des questions d'ordre générale : informations personnelles sur la personne questionné (le sexe, l'âge).

La dixième partie vise à évaluer la satisfaction des travailleurs vis-à-vis les conditions thermiques et psychologiques liées à la qualité architecturale des espaces (voir l'annexe B).

La dernière partie accordera plus d'importance aux personnes handicapées, à leurs comportements et à la façon dont ces personnes réagissent aux conditions thermiques et architecturales de l'espace de travail, ainsi que l'influence de ces facteurs sur leur état psychologique (voir l'annexe B).

Nous avons distribué un total de 30 questionnaires sur les personnes qui travaillent dans le « centre psychopédagogique de Sidi Ali Lebher » et « l'école des sourds-muets » de la ville de Bejaia, mais nous n'avons récupéré que 23 questionnaires.

### III.5. Présentation et interprétation des résultats de l'étude empirique

En ce qui concerne les résultats issus de l'étude sur le terrain, ils se divisent en deux grandes familles, à savoir les résultats de l'étude quantitative réalisée sur les deux cas d'étude, suivis par les résultats de l'étude qualitative réalisée par le biais des questionnaires.

#### III.5.1. Résultats de l'étude quantitative :

Les résultats de l'étude quantitative sont répartis comme suit : représentation graphique des résultats de la journée type 19-12-2021 représentative de la période hivernale pour chaque cas d'étude, puis discussion et interprétation de ces résultats.

#### Cas d'étude N°01 : « L'école primaire les quatre chemins »

La figure (voir 3.7) ci-après est une représentation des températures relevées toutes les deux heures au sein du premier cas d'étude (école primaire les quatre chemins), tout au long de la journée type 19-12-2021 représentative de la période hivernale. Les températures enregistrées sont, la température extérieure (Text) illustrée par le graphe noir ainsi que la température ambiante (Ta) de l'espace clé de notre cas d'étude illustrée par le graphe rouge.

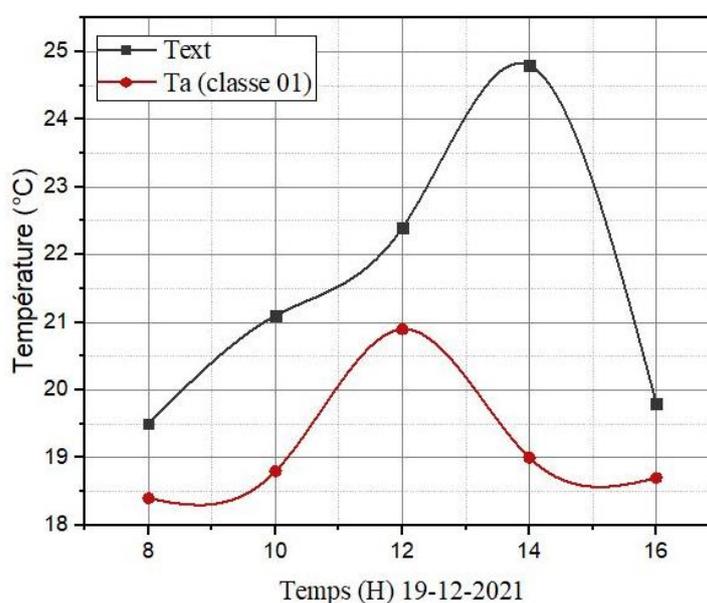


Figure 3.17 : Graphes des températures extérieure et ambiante mesurées le 19-12-2021 dans le 1er cas d'étude (école primaire les quatre chemins) (Source : auteur, 2021).

Le graphique permet de voir que les températures extérieure et intérieure se développent selon un rythme stable et homogène, mais avec une légère différence entre les deux. La température extérieure évolue entre un minimum de 19,5°C enregistré à 8 heures du matin et un maximum de 24,8°C enregistré à 14 heures, tandis que la température ambiante de l'espace

clé atteint sa valeur minimale de 18,4°C à 8 heures du matin et son maximum de 20,9°C à 14 heures. Cela prouve encore une fois que la température extérieure et le climat ont une influence directe sur la température ambiante.

Nous constatons également que les températures ambiantes enregistrées sont basses par rapport aux températures extérieures et même elles se situent en dessous du seuil de confort thermique qui varie entre 20°C et 25°C, ces fluctuations montrent clairement que le fonctionnement thermique de cet espace présente un problème majeur, celui-ci peut-être généré par l'inefficacité des parois extérieures, qui rencontre des difficultés à capter et à profiter des apports solaires reçus tout au long de la journée du côté sud et à se protéger des problèmes du nord. Plus précisément, le choix inapproprié des matériaux de construction entrant dans la composition des parois, l'absence d'isolation thermique ainsi que le type de la façade adopté.

### Cas d'étude N° 02 : Centre psychopédagogique - Sidi Ali Lebher

La figure 3.8 correspond aux températures enregistrées toutes les deux heures dans le deuxième cas d'étude (centre psychopédagogique - Sidi Ali Lebher), tout au long de la journée type du 19-12-2021 représentative de la période hivernale. Les températures enregistrées sont la température extérieure (Text) illustrée par le graphe rouge et les températures ambiantes (Ta) de deux espaces clés de notre cas d'étude illustrées par les graphes bleu et vert.

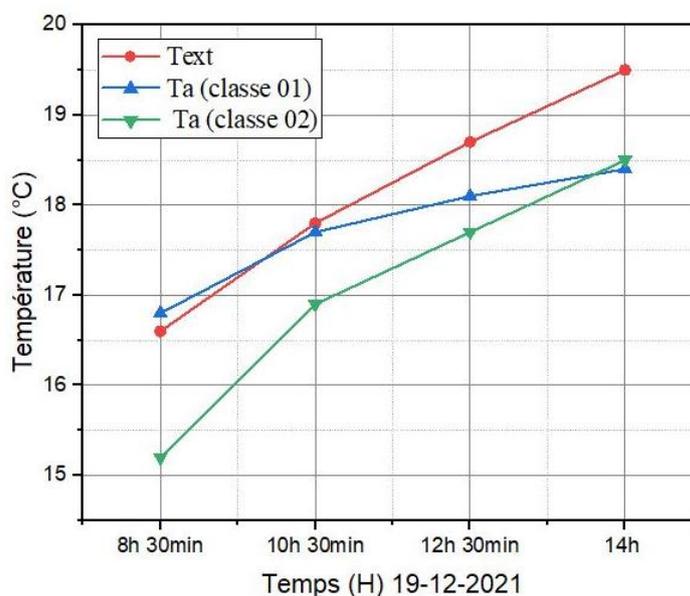


Figure 3.18 : Graphes des températures extérieure et ambiante mesurées le 19-12-2021 dans le 2ème cas d'étude (centre psychopédagogique - Sidi Ali Lebher) (Source : auteur, 2021).

En comparant les graphes de la température extérieure et ceux des températures ambiantes des deux espaces clés de notre 2ème cas d'étude, il apparaît que ces valeurs sont plus

ou moins égales et que l'évolution des températures ambiantes suit celle de la température extérieure.

En effet, la température extérieure atteint son minimum de 16,6°C à 8 heures et son maximum de 19,5°C à 14 heures avec une amplitude de 2,9°C, tout comme les températures ambiantes qui atteignent leur minimum à 8 heures avec 16,8°C pour la classe 01 et 15,2°C pour la classe 02 et leur maximum à 14 heures avec 18,4°C pour la classe 01 et 18,5°C pour la classe 02 ; une amplitude qui varie entre 1,8°C et 3,3°C, toujours sous l'effet des conditions climatiques extérieures.

On peut déduire que les températures internes mesurées sont inférieures à la température extérieure mesurée et sont toujours en dehors de la plage du confort thermique, cela est essentiellement dû à la dégradation de l'état de ces espaces et à la composition des murs extérieurs qui ont complètement perdu leurs caractéristiques thermiques, ainsi qu'au mouvement d'air incontrôlé qui est refoulé à l'intérieur, ce qui défavorise la dissipation de la chaleur.

Après la réalisation de l'étude quantitative sur deux cas d'étude et suite à l'interprétation des différents résultats obtenus, nous avons compris les différents effets des conditions climatiques ainsi que du choix des matériaux et de certains éléments (façade, isolation, etc.) sur le fonctionnement thermique des bâtiments et sur le confort thermique intérieur des utilisateurs de l'espace. Chaque élément joue un rôle important dans la détermination de ces derniers, c'est pourquoi tout doit être pris en compte lors de la construction.

### **III.5.2. Résultats de l'étude qualitative**

Les trente questionnaires ont été soumis à trente travailleurs des deux centres de prise en charge des personnes handicapées, parmi lesquels seuls 23 questionnaires ont été utilisés dans l'étude, soit un pourcentage de 76,66%.

Après avoir exécuté le premier traitement des résultats obtenus, nous avons constaté que plus de 80% de la population enquêtée étaient des femmes et que le pourcentage d'hommes était seulement de 18,2%.

En matière des catégories d'âge, la plus dominante était celle entre 26 et 45 ans avec un pourcentage de 60,9%, suivie directement par la tranche d'âge entre 15-25 ans avec un pourcentage de 21,7%, en dernier lieu on trouve la tranche d'âge de plus de 45 ans avec un pourcentage de 17,4%.

Le traitement des résultats de cette enquête réalisée par questionnaire ainsi que leur interprétation sont exprimés dans les figures ci-après.

Le graphe ci-après est une illustration des résultats relatifs à la sensation thermique des travailleurs dans les établissements accueillant des personnes handicapées, ceci dans des conditions naturelles (sans chauffage et de climatisation).

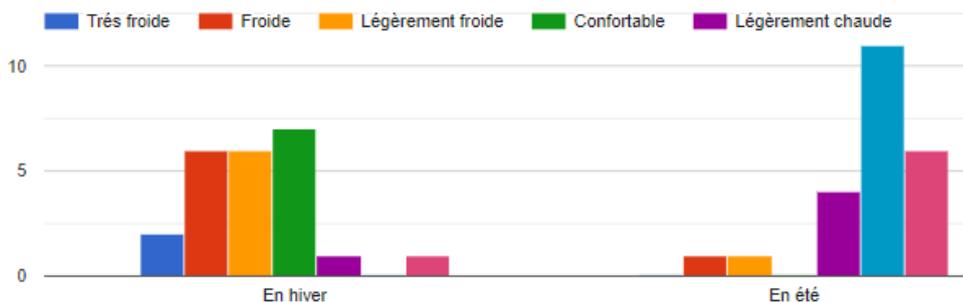


Figure 3.19: La sensation thermique des travailleurs dans des conditions naturelles

(Source : auteur, 2022).

En ce qui concerne les sensations thermiques, plus de 30% de la population cible présente une sensation thermique acceptable vis-à-vis de leur environnement en hiver, d'autres ont une sensation légèrement froide et froide avec un pourcentage de 26,08% pour chacune, tandis que 8,69% seulement présentent une sensation très froide.

En revanche, pendant la période estivale, la sensation chaude est la plus marquée avec un pourcentage de 47,82%, puis 26,08% ressentent une sensation très chaude et finalement 17,39% des personnes interrogées présentent une sensation terne. Aucune de ces personnes ne ressent une sensation confortable vis-à-vis de son environnement thermique.

Ces derniers confirment que le confort thermique est inexistant dans les centres accueillant des personnes handicapées, et que les températures ambiantes sont toujours en dehors de la plage du confort thermique.

Ci-dessous figurent les résultats de la question « Êtes-vous satisfait de votre environnement thermique ? »

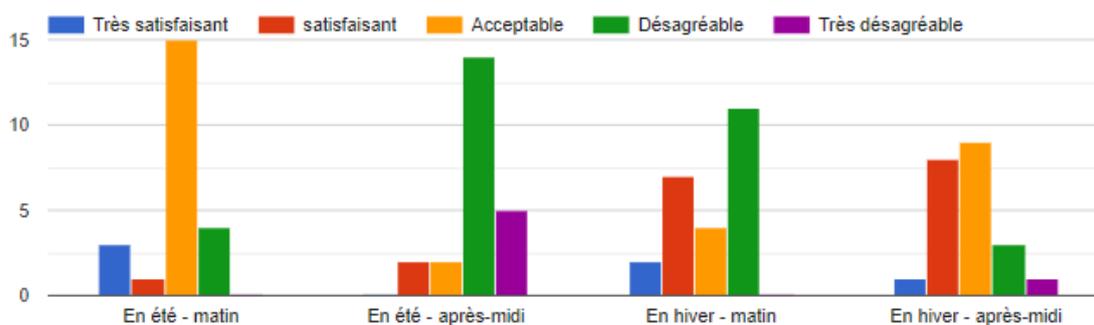


Figure 3.20: La satisfaction thermique des travailleurs dans des conditions naturelles

(Source : auteur, 2022).

Un total de 65,21% des employés ont une satisfaction thermique acceptable envers leur ambiance durant la matinée en été et ce dans des conditions naturelles, alors que 60,87% ne sont pas du tout satisfaits (un niveau désagréable) du niveau de confort thermique que leur environnement offre en été durant la période de l'après-midi. Les résultats obtenus pendant la période hivernale et dans des conditions naturelles sont essentiellement divisés en deux grandes catégories pendant les deux périodes de la journée, où 47,82% ne sont pas du tout satisfaits des conditions thermiques de leur environnement le matin, alors que l'après-midi sont satisfaisants avec un pourcentage de 34,78%.

La représentation graphique ci-dessous illustre les résultats enregistrés, en ce qui concerne le temps et la fréquence d'utilisation des équipements de climatisation et de chauffage.

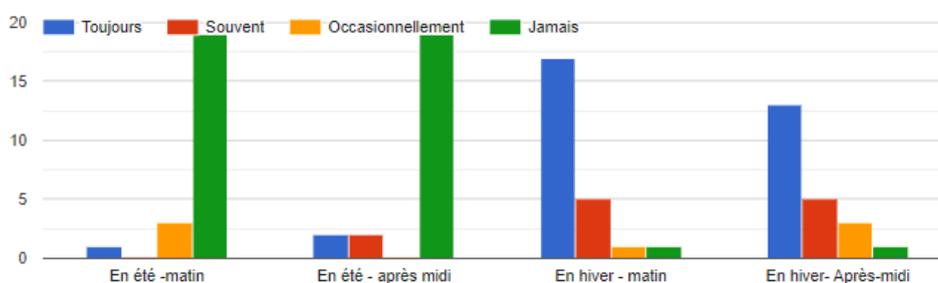


Figure 3.21: le temps et la fréquence d'utilisation des équipements de chauffage et de climatisation (source : auteur, 2022).

Conformément à ce graphique, nous constatons que pendant la période hivernale, le chauffage est toujours utilisé pendant les deux périodes de la journée, le matin avec un pourcentage de 73,91% et 56,52% l'après-midi. En ce qui concerne la période estivale, nous remarquons l'absence totale de l'utilisation de la climatisation en raison de son inexistence dans ce type d'établissement.

Les résultats relatifs à la question de la satisfaction thermique après avoir utilisé des équipements de climatisation et de chauffage figurent ci-après :

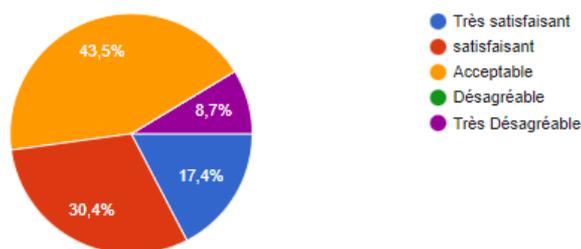


Figure 3.22: La satisfaction thermique des employés après l'utilisation des équipements de climatisation et de chauffage (source : auteur, 2022)

En fonction de ces résultats, nous constatons que plus de 43% de la population interrogée ont une satisfaction « acceptable » suite à l'utilisation des équipements de climatisation et de chauffage, 3,4% ont un ressenti « satisfaisant » et 17,4 « très satisfaisant », par contre 8,7% de la population interrogée ont un ressenti « très désagréable », ce ressenti très désagréable concerne l'été puisque dans la majorité de ces centres il n'y existe pas d'équipement de climatisation.

Les deux graphes de la figure 3.23 et 3.24 illustrent les résultats des questions relatives à la consommation d'énergie des appareils de climatisation et de chauffage, ainsi que leur influence négative sur notre environnement extérieur, voire sur notre santé.

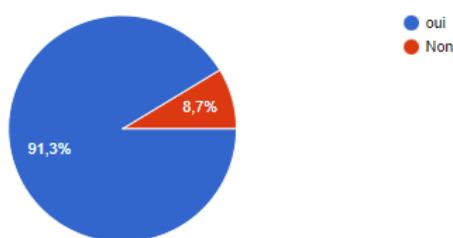


Figure 3.23 : Le pourcentage de la population estimant que les appareils de climatisation et de chauffage consomment trop d'énergie (source : auteur, 2022).

En effet, plus de 91,3% de la population interrogée croit que les appareils de climatisation et de chauffage consomment trop d'énergie, le reste, qui représente 8,7%, ne partage pas cet avis : pour eux, ces appareils ne consomment pas autant d'énergie.

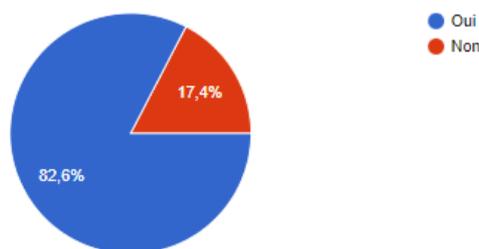


Figure 3. 24 : Le pourcentage de la population croyant que les appareils de climatisation et de chauffage ont une influence négative sur notre environnement et notre santé (source : auteur, 2022).

Les résultats apparaissant sur ce graphique sont venus changer notre prévision concernant cette question, 82.6% de la population cible est consciente du danger que constitue l'utilisation exagérée de ces appareils sur tout d'un point de vue environnemental, tandis que 17.4% ne croit pas encore que ce type d'appareils puisse avoir une telle influence sur notre environnement et notre santé.

C'est à partir de là que nous avons commencé à interpréter les questions de la troisième partie de notre questionnaire relatives à la satisfaction des personnes handicapées vis-à-vis des conditions thermiques et architecturales de leur entourage, et leur influence sur l'état psychologique de cette catégorie fragile, ceci sur la base des opinions et des observations des travailleurs (enseignants, psychologues, etc.) ayant un contact direct avec eux.

La figure 3.25 exprime la satisfaction des personnes handicapées face aux conditions thermiques existantes à l'intérieur de la salle de classe, sans chauffage ni climatisation.

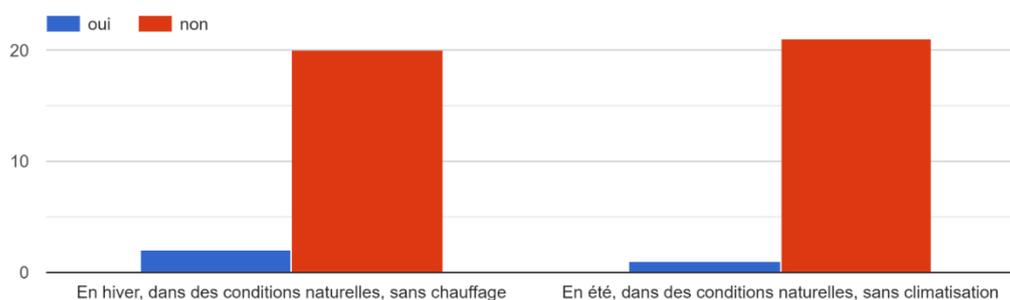


Figure 3.25 : Satisfaction des personnes handicapées face aux conditions thermiques dans la salle de classe, dans des conditions naturelles (Source : auteur, 2022).

En effet, ces personnes handicapées ne présentent pas de satisfaction thermique vis-à-vis de leur environnement dans des conditions naturelles (sans chauffage ni climatisation), cela a été confirmé par les pourcentages extrêmement élevés relevés, à savoir en hiver un pourcentage de 86,95% et en été un pourcentage de 98,65%.

La figure 3.26 illustre les résultats relatifs à la question suivante : par quels moyens ces personnes handicapées expriment-elles leur sensation thermique en été et en hiver ?

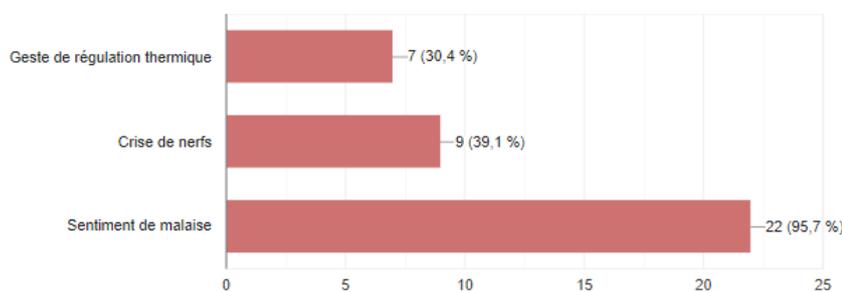


Figure 3.26 : Les façons dont les personnes handicapées expriment leur sensation thermique en été et en hiver (Source : auteur, 2021).

Conformément aux témoignages des psychologues et des enseignants, ces personnes handicapées expriment leur sensation face à une ambiance thermique donnée : par un sentiment

de malaise ou de joie avec un pourcentage de 95,7%, ou par des crises de nerfs avec un pourcentage de 39,1% et, enfin, par des gestes de régulation thermique avec un pourcentage de 30,4%.

Nous présentons ci-dessous les résultats de la question Ces personnes handicapées sont-elles, à votre avis, satisfaites du niveau de confort thermique fourni par les appareils de climatisation et de chauffage ?

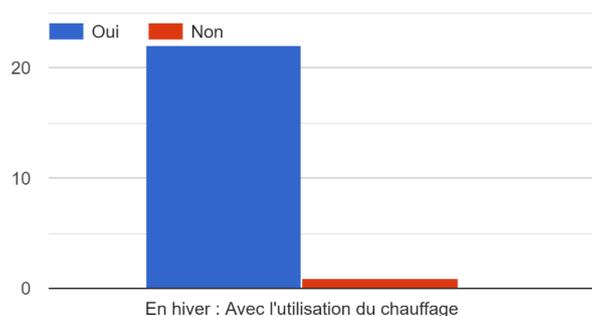


Figure 3.27 : Satisfaction des personnes handicapées en matière de confort thermique après utilisation du chauffage et de la climatisation (Source : auteur, 2022).

Grâce à ce graphique, nous pouvons affirmer que pendant la période hivernale, 95,65% de ses personnes handicapées ont développé un sentiment de satisfaction envers leur environnement thermique après avoir utilisé le chauffage, tandis que 4,34% ne sont pas encore satisfaits.

Pour la période estivale, on note l'absence totale de résultats due à l'inexistence des appareils de climatisation dans la plupart des centres dédiés aux personnes handicapées.

La figure ci-dessous est une représentation graphique portant sur l'évaluation de la qualité architecturale des salles de classe de certains établissements accueillant des personnes handicapées de la wilaya de Bejaia, et ce, toujours en fonction des témoignages des enseignants.

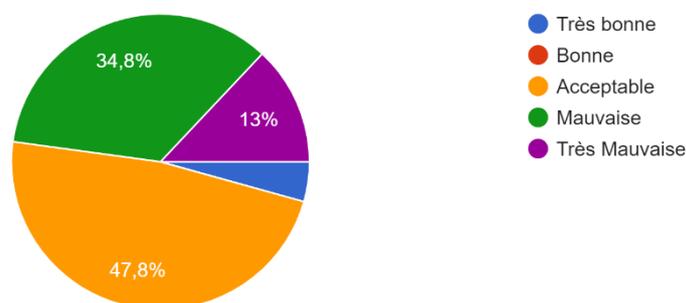


Figure 3.28 : la qualité architecturale des salles de classe de certains établissements accueillant des personnes handicapées (Source : auteur, 2022).

Ces résultats révèlent que 47,8% des enseignants interrogés ont une satisfaction « acceptable » de la qualité architecturale des classes composant leur établissement, tandis que 34,8% d'entre eux jugent que ces classes sont de « mauvaise » qualité et parfois « très mauvaise » avec un pourcentage de 13%.

En revanche, 95,5% de ces personnes interrogées ont confirmé que ces classes ne répondent pas du tout aux exigences spécifiques de ces personnes handicapées.

Après avoir interrogé ces personnes sur la qualité architecturale des salles de classe, nous leur avons directement demandé quels sont les facteurs responsables de ce phénomène, les réponses à cette question sont présentées dans la figure ci-dessous.

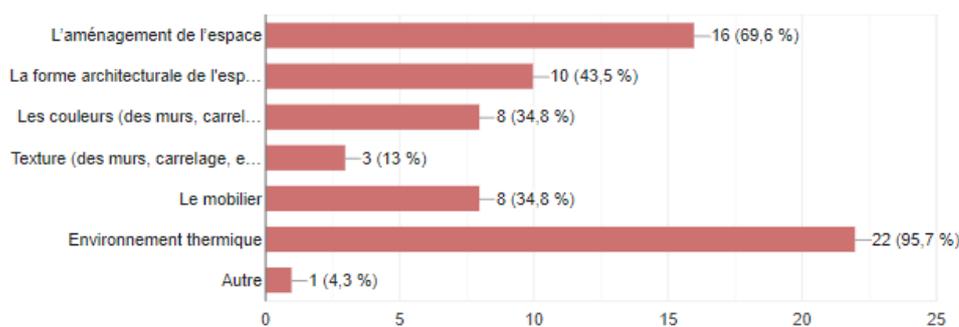


Figure 3.29 : Facteurs influençant la qualité architecturale des espaces (Source : auteur, 2022).

Nous remarquons que l'environnement thermique est le premier responsable de la détermination de la qualité architecturale de ces classes avec un pourcentage de 95,7%, vient directement en deuxième position l'aménagement de l'espace avec un pourcentage de 69,6%, puis la forme architecturale avec un pourcentage de 43,5%. Les couleurs et le mobilier sont en quatrième position avec un pourcentage identique de 34,8%, et à la fin les textures ont un faible pourcentage de 13%.

Les deux figures ci-dessous représentent les résultats obtenus aux questions liées à l'impact de la qualité architecturale et thermique de la salle de classe sur l'état psychologique de ces personnes handicapées, ainsi que le degré de son importance.

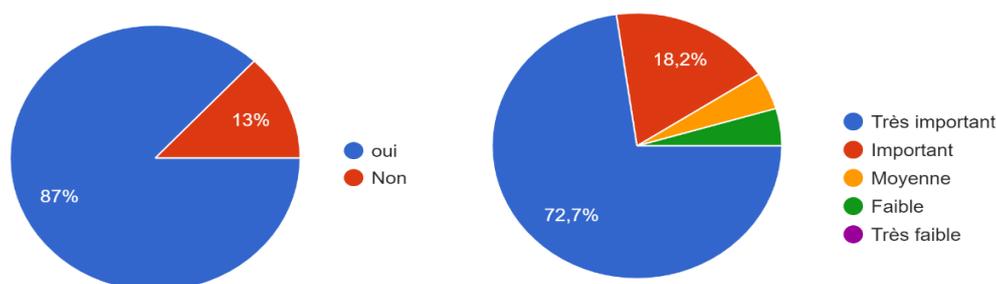


Figure 3.30 : impact de la qualité architecturale et thermique sur l'état psychologique de ces personnes handicapées, et le degré de son importance (Source : auteur, 2022).

Pour 87% de la population cible, la qualité architecturale et thermique des espaces a une influence directe pouvant être positive ou même négative sur l'état psychologique de cette catégorie. Cette influence est considérée comme très importante avec un pourcentage de 72,7% et comme importante avec un pourcentage de 18,2%.

L'interprétation des résultats de l'étude qualitative nous a montré l'état réel des établissements accueillant des personnes handicapées et a confirmé la non-existence de tous type de confort, plus précisément le confort thermique et psychologique, les principaux concepts de cette recherche.

## **Conclusion**

Le confort thermique est important tant pour le bien-être physique et psychologique de la personne que pour assurer sa productivité, et pourtant le moins évident à obtenir, car il est lié à plusieurs paramètres et dépend de plusieurs facteurs, en effet, cerner et maîtriser la notion du confort thermique chez les utilisateurs de l'espace nécessitent d'effectuer des études réelles sur des bâtiments existants en se focalisant entre autres, sur le choix des matériaux utilisés, les dispositifs architecturaux employés et en prenant en considérations les conditions climatiques de la région. L'objectif est de mieux comprendre la relation entre les phénomènes physiques et le confort thermique, identifier les problèmes et les résoudre. Les résultats obtenus dans la présente étude démontrent clairement l'impact réel du choix des matériaux et de certains éléments architecturaux (façade, isolation, etc.) sur le fonctionnement thermique des bâtiments et sur le confort thermique intérieur (le bien-être) des utilisateurs de l'espace. L'étude empirique qui a été effectuée sur les deux cas d'études a démontré le manque voire l'absence du confort thermique intérieur dans les établissements d'accueil des personnes à mobilité réduite pendant la période hivernale. En effet, la mauvaise qualité architecturale remarquée dans le choix des matériaux (légers), les façades sans protection, ... engendre de l'inconfort et détériore ainsi l'état psychologique des personnes à mobilité réduite.



## **CHAPITRE IV :**

Optimisation numérique du confort thermique des  
établissements scolaires des autistes



## **CHAPITRE IV : Optimisation numérique du confort thermique des établissements scolaires des autistes**

### **Introduction**

La simulation numérique fait partie des outils très puissants, elle offre une vue complète et une excellente maîtrise des phénomènes étudiés. De plus, elle représente un pas très important dans l'élaboration des bâtiments efficaces et confortables, puisqu'elle permet une optimisation complète de la construction grâce à une analyse très détaillée du comportement de l'édifice, le tout dans un contexte climatique réel. En conséquence, ce chapitre portera sur l'étude de l'influence de certains matériaux de construction et dispositifs architecturaux sur le confort thermique dans les écoles accueillant des enfants à mobilité réduite. Ce travail numérique se réalisera à l'aide du logiciel « ArchiWIZARD », sur une maquette virtuelle qui va jouer le rôle de modèle de référence et également dans le cadre des données météorologiques de la ville de Béjaïa, afin de compléter et de consolider les résultats obtenus par le questionnaire et les mesures in situ.

### **V.1. La simulation thermique dynamique**

Cette technique est en quelque sorte née dans les années 1970 et 1980, en même temps que l'application des premières réglementations thermiques. Elle consiste à simuler en temps réel par des calculs mathématiques rapides et peu coûteux l'évolution thermique et énergétique des bâtiments au gré des conditions climatiques et des caractéristiques thermo-physiques des matériaux et des dispositifs architecturaux. Cette technique offre également la possibilité de cerner les solutions techniques optimisant les conditions de confort et la performance énergétique d'un bâtiment neuf ou existant (ADEM<sup>1</sup>, 2019).

---

<sup>1</sup> ADEM : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

### V.1.1. Les champs d'application et les objectifs de la simulation thermique dynamique

Il est possible d'utiliser la simulation thermique dynamique pour satisfaire aux différents objectifs, puisqu'elle offre de multiples champs d'application parmi lesquels nous citons :

- Dimensionnement des solutions énergétiques complexes en privilégiant une démarche générale (en tenant compte des différentes sources d'énergie, du bilan carbone, de l'énergie grise, etc.).
- Évaluation et estimation des confort d'hiver et d'été, en fonction de paramètres temporels précis.
- Estimation des consommations énergétiques réelles grâce à des informations sur l'enveloppe du bâtiment, son inertie, les systèmes énergétiques, le comportement des occupants et le climat local.
- Adopter une démarche globale vis-à-vis de l'éclairage, en tenant compte de la lumière naturelle et de la modulation de l'appoint artificiel, des protections solaires, etc.
- Simuler l'impact du vent sur les façades, les phénomènes de ventilation naturelle, l'intérêt d'un puits climatique, etc.

### V.1.2. Présentation de logiciel de la modélisation « ArchiCAD »

Au moyen du logiciel de modélisation "ArchiCAD" version 22, nous avons réalisé une maquette numérique du modèle faisant l'objet de l'étude, tel que le montre la figure ci-après :

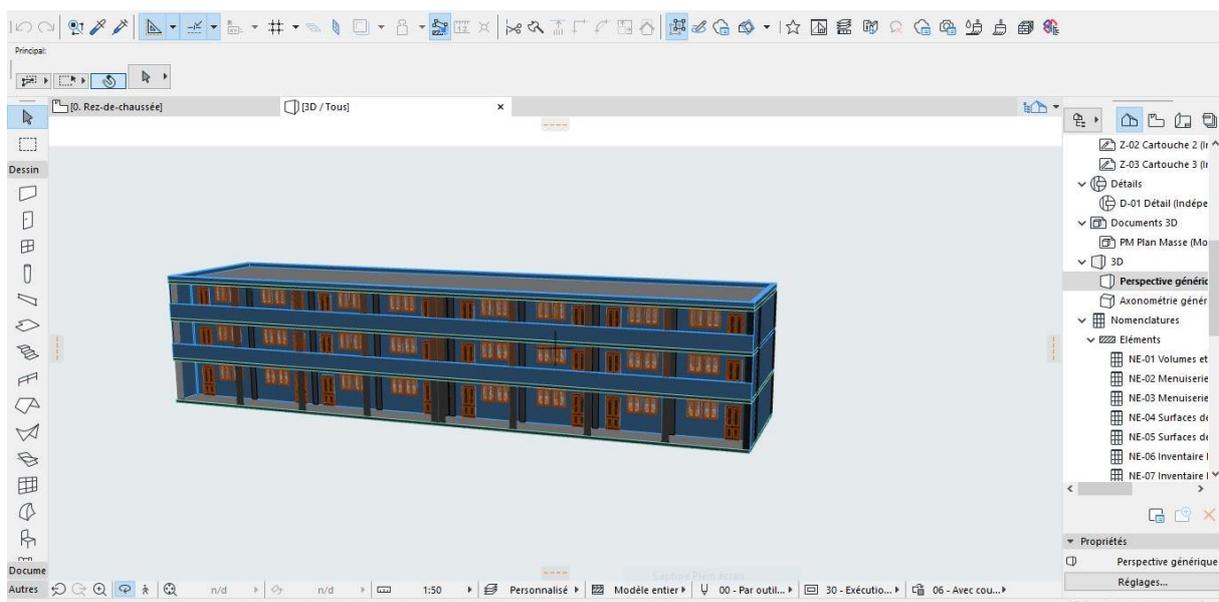


Figure 4.1: Création de la maquette numérique du modèle étudié (Source : auteur, 2022).

ArchiCAD fait partie des logiciels d'architecture développés par la société hongroise Graphisoft, du groupe allemand Nemetschek, dont sa particularité réside dans le fait de permettre de modéliser facilement un bâtiment en 3D puis d'établir les différents documents nécessaires à sa construction. Ce logiciel fait partie des logiciels BIM grâce à l'intégration de toutes les disciplines dans son outil de maquette numérique intelligente, mais aussi grâce à son nouveau concept de Virtual Building.

Ce logiciel nous offre également la possibilité de sauvegarder le travail sous divers formats tels que : dwg, dxf, skp, obj, IFC, etc.

### V.1.3. Présentation de logiciel de simulation « ArchiWIZARD »

La simulation numérique a été effectuée au moyen du logiciel de simulation thermique dynamique « ArchiWIZARD » développé par la société française GRAITEC.



Figure 4.2 : Logiciel employé dans la simulation thermique dynamique « ArchiWIZARD »

(Source : [www.esoftner.com](http://www.esoftner.com)).

ArchiWIZARD se présente comme un logiciel de simulation thermique et énergétique, permettant l'optimisation et la validation réglementaire de la performance thermique et énergétique du bâtiment en temps réel, dès l'esquisse jusqu'à la réalisation des travaux, en conception comme en rénovation. En outre, il permet l'étude de l'éclairage en prenant en considération l'éclairement naturel (Hamri, 2015)

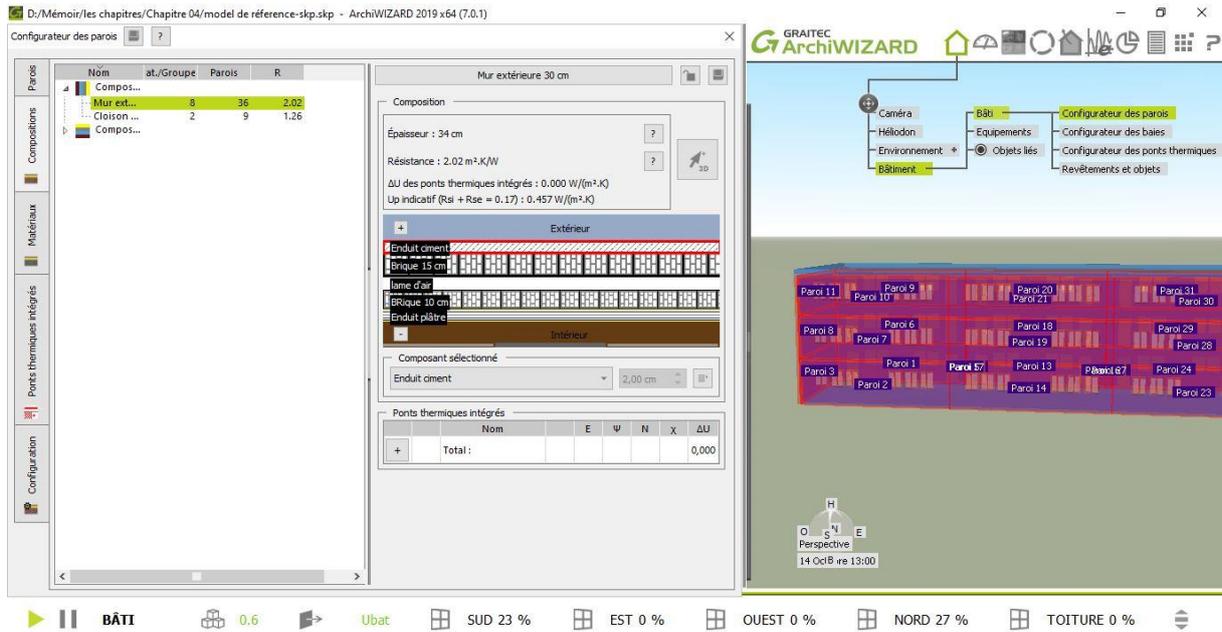


Figure 4.3 : Interface du logiciel employé dans la simulation thermique dynamique « ArchiWIZARD » (Source : auteur, 2022).

Il travaille avec le moteur de calcul Energy+, en connexion directe avec la maquette numérique (3D) issu de différents modeleurs de CAO<sup>2</sup> (Sketchup, Allplan, Revit, ArchiCAD).

Ce logiciel regroupe de nombreux modules de simulation complémentaires, tels que (figure 4.4)

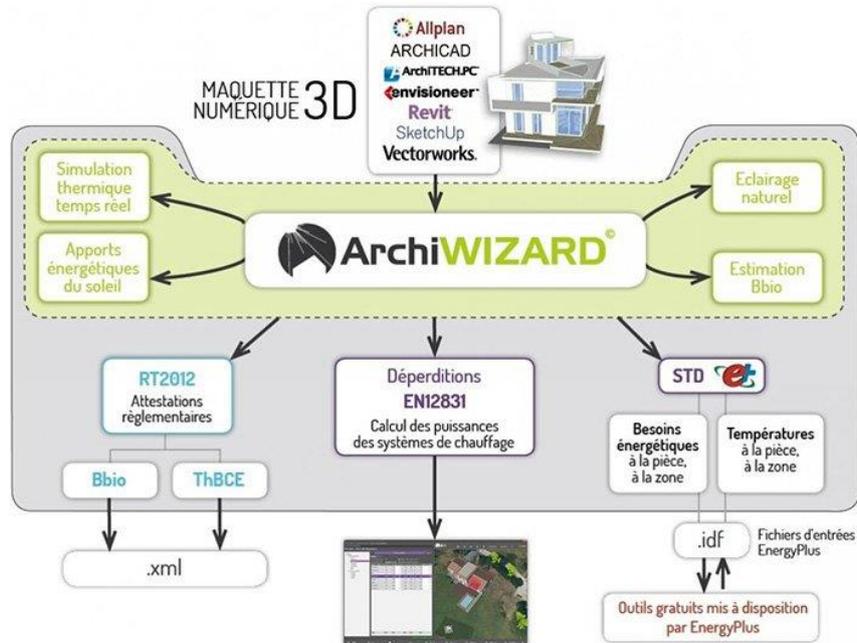


Figure 4.4 : Les différents modules d'ArchiWIZARD (Source : <https://fr.graitec.com>)

<sup>2</sup> CAO : conception assistée par ordinateur.

- Simulation énergétique temps réel pour l'évaluation interactive et rapide de la performance du projet.
- Simulation des apports solaires et lumineux par lancer de rayon.
- Calcul réglementaire RT2012.
- Analyse de Cycle de Vie selon la méthodologie « Energie-Carbone » en prévision de la RE2020.
- Simulation Thermique Dynamique avec le moteur EnergyPlus.
- Calcul des déperditions et de la charge thermique selon la norme EN 12831.
- Calcul réglementaire RT Existant.

#### V.1.4. Protocole de la simulation

Au fil du temps, la conception des établissements scolaires en Algérie est devenue une véritable opération d'adaptation du même plan, même configuration et certainement avec les mêmes matériaux de construction et même composition d'enveloppe, indépendamment de la région, du climat et même de la catégorie à laquelle elles appartiennent. De ce fait, dans cette étude, nous tenterons à travers une simulation thermique et énergétique de démontrer que ces écoles ne respectent pas les exigences de la réglementation thermique algérienne et également de proposer des solutions pour améliorer cette situation.

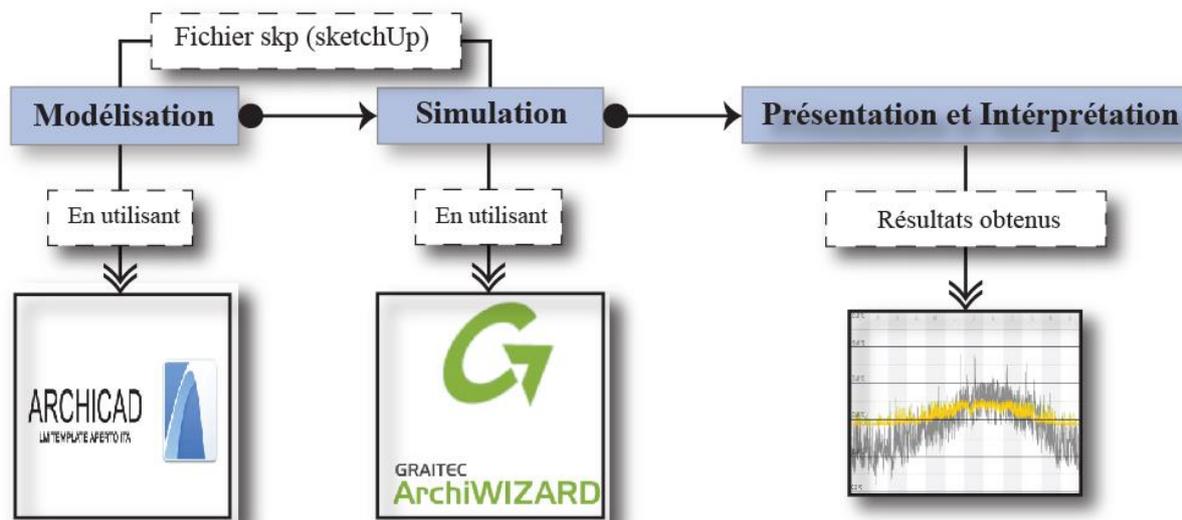


Figure 4.5 : Schéma récapitulatif de l'étude numérique (Source : auteur, 2022)

La réalisation de cette étude numérique comporte trois volets principaux, dont le premier est consacré à la modélisation de la géométrie du modèle de référence ainsi que ses caractéristiques via le logiciel ArchiCAD, la seconde concerne la simulation numérique des

différents scénarios et modèles proposés, puis la dernière récapitule la présentation et l'interprétation des résultats acquis.

#### **V.1.5. Période de la simulation**

Nous avons opté pour une simulation thermique dynamique sur une année entière du 1er janvier 2022 au 31 décembre 2022, dans le but d'étudier les changements de la température ambiante des espaces et les besoins énergétiques sous l'influence des caractéristiques météorologiques de la ville de Béjaïa, mais également sous l'influence des différents scénarios et modèles proposés.

#### **V.1.6. Les principales étapes de la simulation thermique dynamique**

Les principales phases de la simulation thermique dynamique et énergétique, réalisée avec le logiciel « ArchiWIZARD », depuis la modélisation du modèle 3D jusqu'au rapport, sont indiquées brièvement ci-dessous, pour plus de détails concernant la simulation sont indiqués dans l'annexe D.

- Création de la maquette numérique avec ARCHICAD.
- Exportation du modèle vers ARCHIWIZARD sous format Skp.
- Définir la localisation de la ville concernée ainsi que son dossier climatique.
- Indiquer la localisation de la ville visée ainsi que son fichier climatique.
- Détermination de la configuration et vérifications de tous les éléments existants dans le projet.
- Fixation de l'échelle et l'orientation du projet.
- Préparation du modèle en déterminant les espaces et les zones à étudier.
- Détermination des seuils de température en hiver et en été en fonction des normes de confort thermique.
- Introduire les matériaux réellement utilisés dans la conception du modèle de référence, avec leurs caractéristiques thermiques, puis, par la suite, les modifier en fonction des scénarios proposés.
- Exécutez la simulation thermique dynamique pour le modèle de référence et pour chaque scénario proposé.
- Dégagez les résultats nécessaires à l'étude une fois la simulation terminée.
- Exporter les rapports sous format PDF.

## V.2. Présentation des différents scénarios de la simulation thermique dynamique

Les composants de l'enveloppe architecturale d'un bâtiment jouent un très grand rôle sur la performance thermique et énergétique du bâtiment voire sur la température du confort intérieur. Pour démontrer réellement cet impact, nous nous sommes concentrés dans cette partie sur la composition des murs extérieurs, en proposant trois scénarios dont chacun présente une composition spécifique du mur extérieur.

### V.2.1. Scenario 01-Etude de l'impact d'une composition ordinaire du mur extérieur

Notre modèle de référence constitue le premier scénario d'étude, avec la présence de la même composition des murs extérieurs et des mêmes matériaux effectivement utilisés dans la conception existante, en gardant leurs caractéristiques thermiques, sans aucune intervention, que ce soit au niveau de l'isolation ou des dispositifs.

Les figures ci-dessous représentent deux coupes schématiques, l'une verticale (figure 4.6-A) et l'autre horizontale (figure 4.6-B) de la composition ordinaire des murs extérieurs.

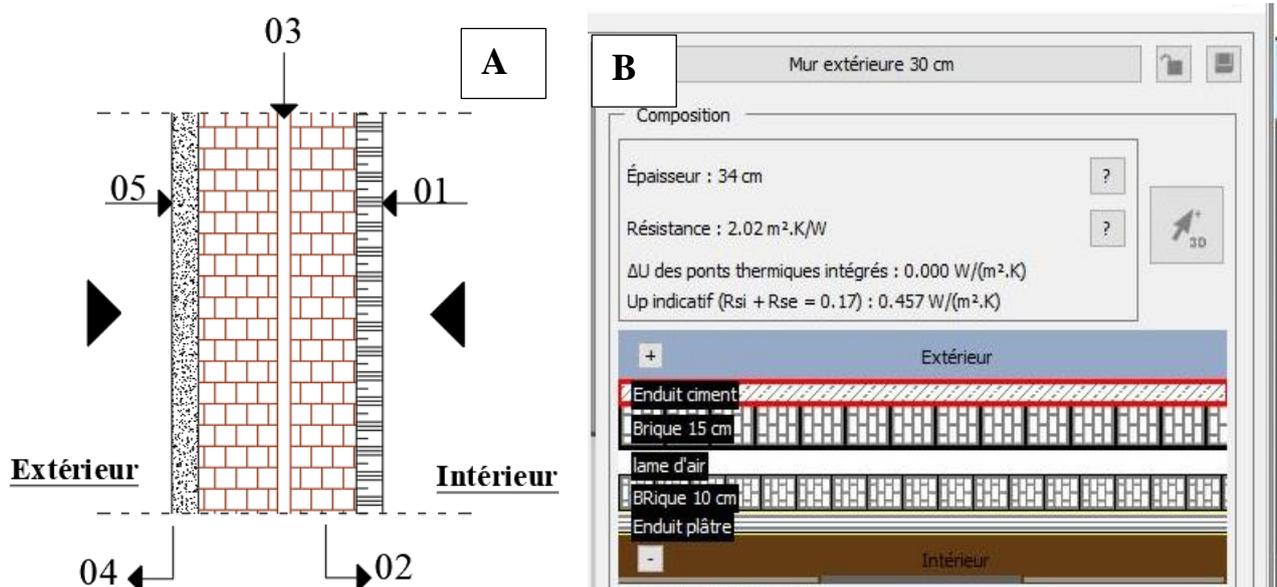


Figure 4.6 : Coupes schématiques du mur extérieur des mur en contact avec l'extérieure

(Source : Auteur, 2021).

Le mur extérieur est composé de l'intérieur vers l'extérieur comme ceci :

01 : Enduit de plâtre de 2cm

02 : Brique creuse de 10 cm.

03 : lame d'air de de 5 cm

04 : Brique creuse de 15 cm.

05 : Enduit ciment de 2cm

Dans le tableau ci-dessous, nous retrouvons les propriétés thermiques des matériaux constituant les murs extérieurs de notre modèle de référence, ainsi que ceux des autres éléments de l'enveloppe.

Tableau 4.1 : les caractéristiques thermiques des matériaux, Source : DTR. C3-2 1997<sup>3</sup>

	<b>Conductivité thermique</b> $\lambda$ (W/m.k)	<b>Chaleur spécifique</b> <b>C</b> (J/kg.k)	<b>Densité</b> <b>D</b> (Kg/m <sup>3</sup> )	<b>Epaisseur</b> <b>(Cm)</b>
Enduit ciment	1.4	1800	2200	02
Brique creuse	0.48	936	900	10-15
Lame d'air	0.047	1000	1	05
Enduit de plâtre	0.35	936	1150	02
Corp creux	1.2	1000	1300	16
Dalle de compression	1.75	1080	2500	04
Carrelage	1	940	2000	02
Dalle flottante	1.75	1080	2800	10

### V.2.2. Scenario 02-Etude de l'impact de certains matériaux de construction « Isolants »

Ce second scénario vise à étudier via une simulation l'impact des matériaux, plus précisément les isolants, sur la performance thermique et énergétique des murs extérieurs et du bâtiment. Dans ce cas, la lame d'air de 5 cm a été remplacée par un isolant (placé entre le mur extérieur de 15 cm et le mur de 10 cm), tandis que les autres éléments sont restés tels quels.

Les figures ci-dessous représentent deux coupes schématiques, l'une verticale (figure 4.7-A) et l'autre horizontale (figure 4.7-B) de la composition des murs extérieurs avec isolant.

<sup>3</sup> DTR. C3-2 1997/ Document Technique Réglementaire-fascicule 1, ministère de l'habitat, Algérie.

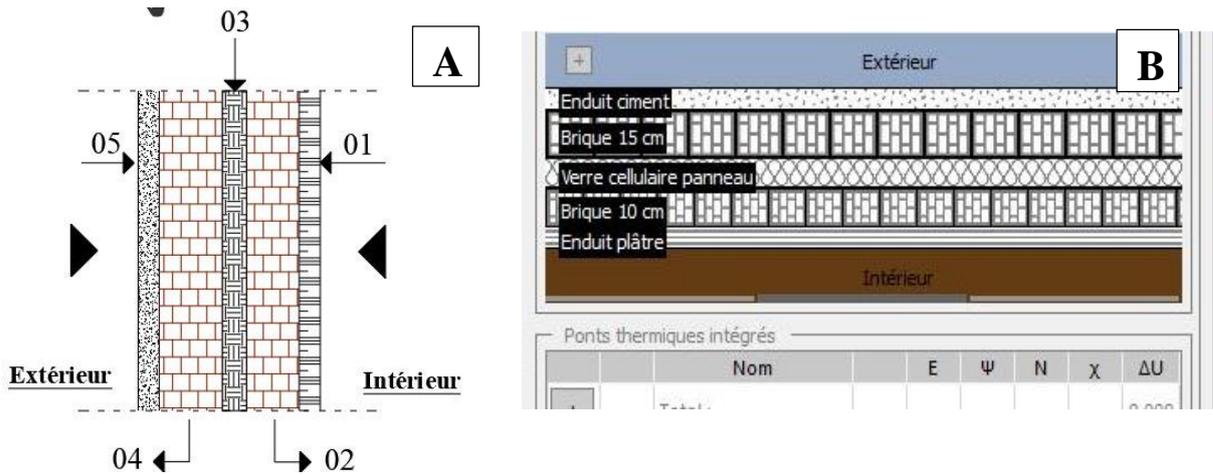


Figure 4.7 : Coupes schématiques d'un murs extérieur après l'utilisation d'un isolant

(Source : Auteur, 2021)

Le mur extérieur après l'utilisation d'un isolant se compose de l'intérieur vers l'extérieur comme ceci :

- 01 : Enduit de plâtre 2 cm.
- 02 : Brique creuse de 10 cm.
- 03 : Panneau de verre cellulaire 5 cm.
- 04 : Brique creuse de 15 cm.
- 05 : Enduit ciment 2 cm.

Le tableau ci-dessous présente les propriétés thermiques des matériaux constituant le mur extérieur après utilisation des "panneaux de verre cellulaire" comme isolant.

Tableau 4.2 : les caractéristiques thermiques d'un mur extérieure avec un isolant,

Source : DTR. C3-2 1997

	<b>Conductivité thermique</b> $\lambda$ (W/m.k)	<b>Chaleur spécifique</b> C (J/kg.k)	<b>Densité</b> D(Kg/m3)	<b>Epaisseur</b> (Cm)
Enduit ciment	1.4	1800	2200	02
Brique creuse	0.48	936	900	15
Panneau de verre cellulaire	0.075 - 0.12	1000	170 - 250	05
Brique creuse	0.48	936	900	10
Enduit de plâtre	0.35	936	1150	02

La figure inférieure illustre l'isolation employée dans le but d'améliorer le comportement thermique des murs extérieurs.



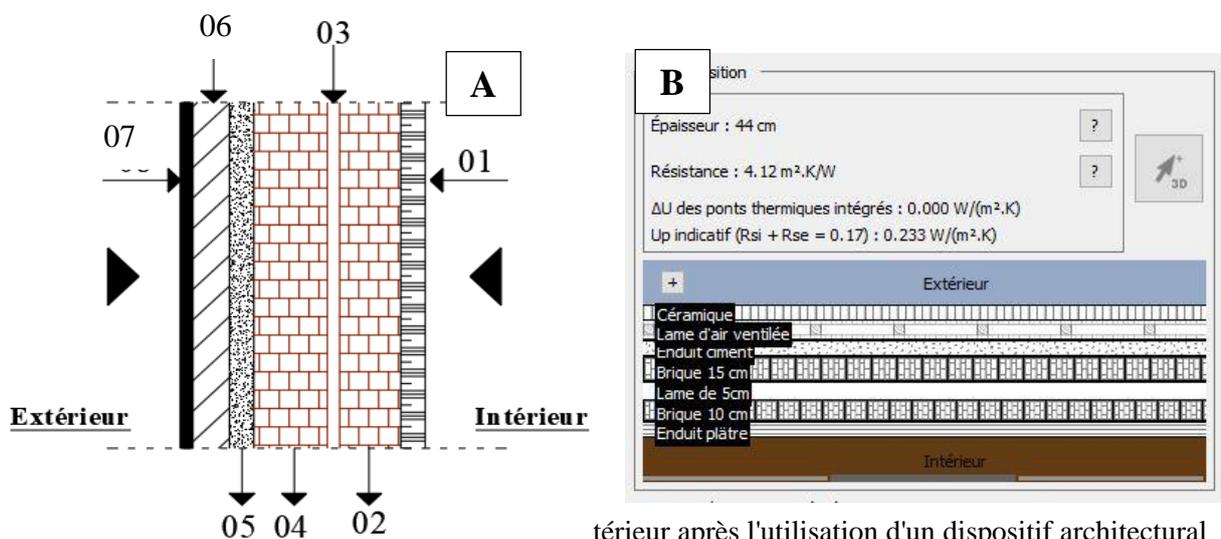
Figure 4.8 : Panneau de verre cellulaire (Source : www.ecobati.com).

Nous avons choisi comme isolant un panneau de verre cellulaire, un matériau inorganique doté d'excellentes propriétés isolantes. Il est principalement constitué de verre recyclé ( $\pm 60\%$ ) et de matériaux minéraux.

### V.2.3. Scenario 03-Etude de l'impact des dispositifs architecturaux « façade ventilé »

Ce dernier scénario est destiné à examiner l'impact d'un dispositif architectural sur le rendement thermique et énergétique du bâtiment, et également sur le confort thermique de l'homme. Pour ce faire, nous avons décidé d'ajouter à la composition ordinaire des parois extérieures un dispositif de la façade ventilée, sans isolation entre le mur extérieur de 15 cm et le revêtement de céramique.

Les figures ci-dessous correspondent à deux coupes schématiques, l'une verticale (figure 4.9-A) et l'autre horizontale (figure 4.9-B) de la composition de murs extérieurs avec un dispositif de la façade ventilée.



térieur après l'utilisation d'un dispositif architectural (Source : Auteur, 2021).

La composition du mur extérieur après avoir intégré le dispositif de la façade ventilée est comme suit :

01 : Enduit de plâtre de 2 cm.

02 : Brique creuse de 10 cm.

03 : Lambe d'air de 5 cm.

04 : Brique creuse de 15 cm.

05 : Enduit ciment de 2 cm.

06 : Lambe d'air ventilée de 8 cm.

07 : Bardage en céramique de 1.9 cm.

Le tableau ci-dessous présente les propriétés thermiques des matériaux constituant le mur extérieur après utilisation des "la façade ventilée " comme dispositif architectural.

Tableau 4.3 : les caractéristiques thermiques d'un mur extérieure avec un dispositif de la façade ventilée l'isolant, Source : DTR. C3-2 1997

	<b>Conductivité thermique</b> $\lambda$ (W/m.k)	<b>Chaleur spécifique</b> C (J/kg.k)	<b>Densité</b> D(Kg/m <sup>3</sup> )	<b>Epaisseur</b> (Cm)
Enduit ciment	1.4	1800	2200	02
Brique creuse	0.48	936	900	10-15
Lambe d'air	0.047	1000	1	05
Enduit de plâtre	0.35	936	1150	02
Corp creux	1.2	1000	1300	16
Lambe d'air ventilée	0.192	1000	1	08
Bardage en céramique	1	936	1900	1.9

### V.3. Présentation et interprétation des résultats de la simulation thermique dynamique

Les résultats de la simulation thermique dynamique effectuée par le logiciel ArchiWIZARD sont répartis de la manière suivante : représentation graphique des éléments

obtenus : température extérieure, température ambiante et besoins énergétiques, puis discussion et interprétation de ces derniers.

Le graphe (voir 4.10) ci-dessous représente les données météorologiques de la ville de Béjaïa, plus précisément les températures extérieures pour la présente année 2022 (du 1er janvier au 31 mars).

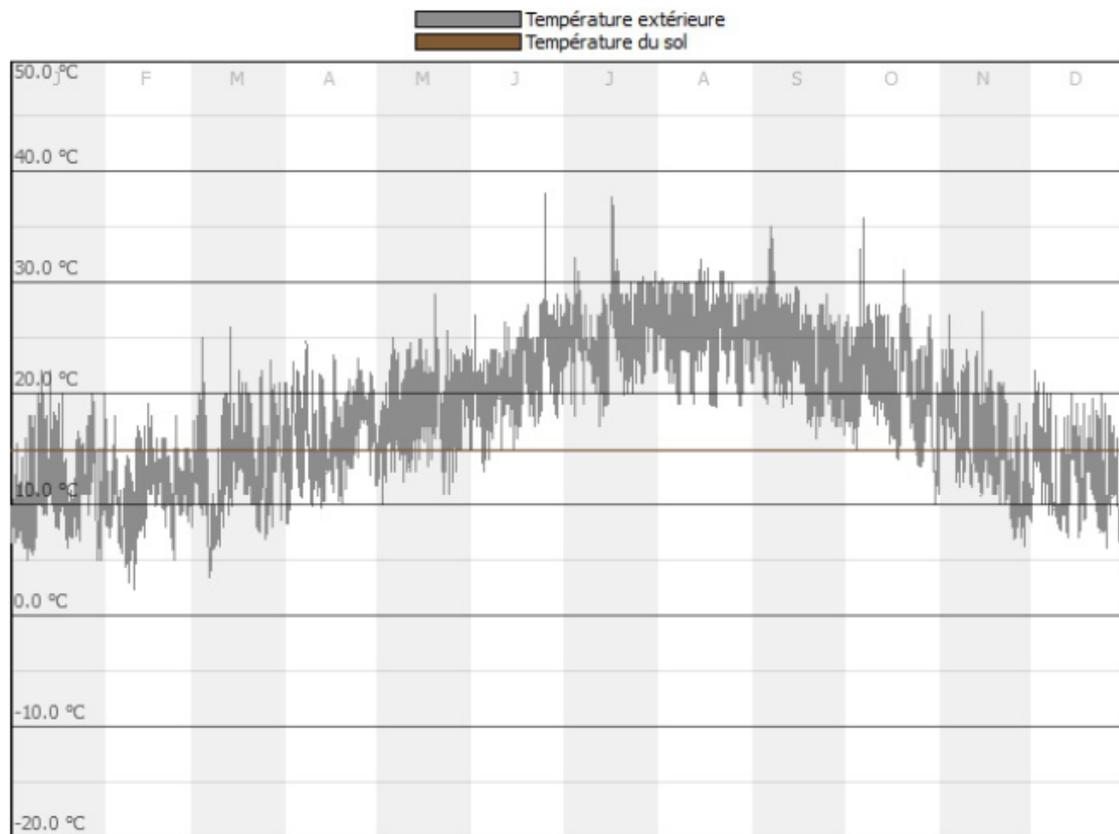


Figure 4.10 : Données météorologiques de température pour la ville de Bejaïa (Auteur, 2022).

Après avoir obtenu les résultats de la simulation thermique dynamique d'une année, nous avons directement procédé à une vérification des données météorologiques de la ville de Béjaïa, en raison de leur influence considérable sur les autres résultats.

La comparaison entre les deux graphes des températures extérieures, à savoir celui utilisé dans l'étude empirique et celui obtenu à la fin de la simulation, fait apparaître une réelle correspondance entre ces derniers, mais avec un écart variant de 1,2° C à 3° C environ de 3% à 7,5%, valeurs non supérieures à 10% confirment la fiabilité du fichier climatique utilisé pour la simulation.

### V.3.1. Résultat de l'impact d'une composition ordinaire du mur extérieur

La figure 4.11 est une illustration graphique des températures enregistrées suite à la simulation effectuée sur une année complète en vue de déterminer l'impact de la composition ordinaire du mur extérieur sur la température du confort intérieur. En termes de températures enregistrées, on retrouve la température extérieure (Text) illustrée par le graphe gris ainsi que la température ambiante (Ta) de l'espace clé de notre modèle de référence illustrée par le graphe jaune

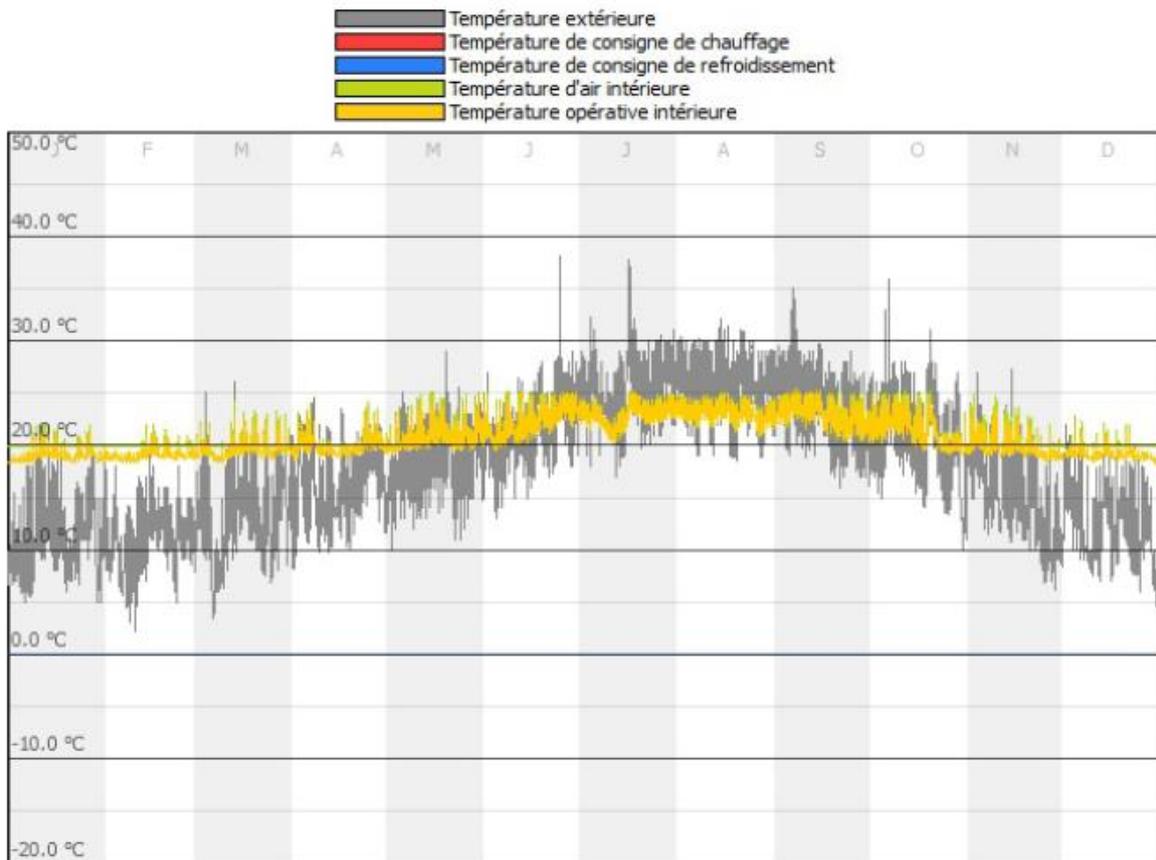


Figure 4.11 : Graphes des températures extérieures et ambiantes simulées (Source : auteur, 2022).

Le graphique indique que les températures extérieures et intérieures évoluent de manière stable et homogène, avec une légère différence entre les deux. La température extérieure varie entre un minimum de 5°C enregistré en janvier et décembre pour la période hivernale et un maximum de 38°C enregistré en juin et juillet, tandis que la température ambiante au sein de la zone clé atteint sa valeur minimale de 18°C toujours en janvier et décembre et son maximum de 26°C aux mois de juillet et août.

Nous constatons en outre que les températures ambiantes simulées sont plus hautes que les températures extérieures et se situent au-delà du seuil de confort thermique qui varie entre 20°C et 25°C, ce fait confirme que la composition ordinaire des murs extérieurs ne présente pas un bon fonctionnement thermique, et trouve des difficultés à valoriser les apports thermiques reçus pendant la période estivale et à se protéger pendant la période hivernale, tout cela avec la présence de briques creuses ayant une conductivité thermique importante de 0,48 (W/m.k) , et la lame d'air ayant une faible transmission thermique.

### V.3.2. Résultat de l'impact de certains matériaux de construction « Isolants »

La figure 4.1 correspond aux températures simulées afin de cerner l'influence de certains matériaux, en particulier les isolants lorsqu'ils sont intégrés dans la composition des murs extérieurs. Parmi les températures enregistrées, nous retrouvons la température extérieure (Text) illustrée par le graphique gris ainsi que la température ambiante (Ta) de l'espace clé de notre illustrée par le graphique jaune.

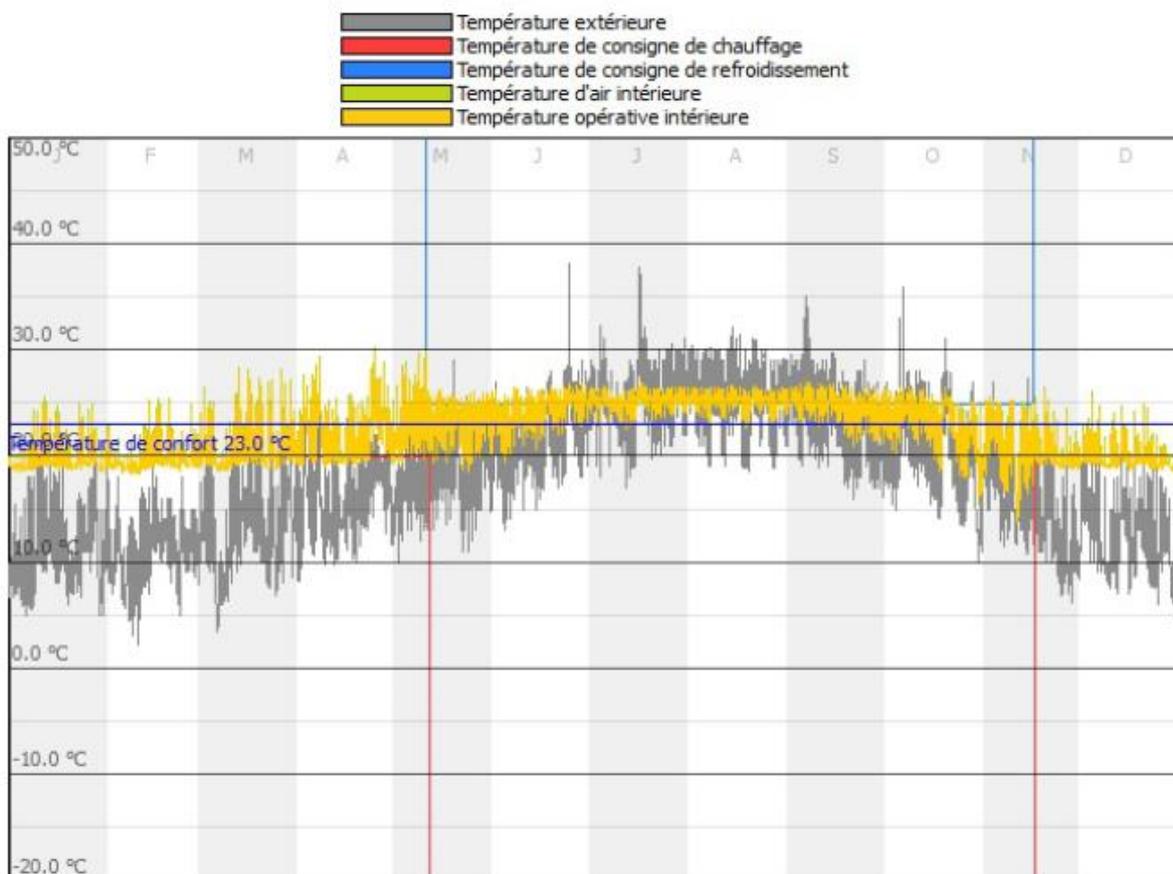


Figure 4. 12 : Graphes des températures extérieures et ambiantes simulées après utilisation de l'isolation (Source : auteur, 2022).

Conformément aux résultats présentés sur ce graphique, nous remarquerons que de janvier à début mai et de début novembre à décembre les températures ambiantes enregistrées après la simulation sont en dedans de la zone de confort thermique variant entre 20°C et 25 °C, puisque dans ce cas la température ambiante simulée à l'intérieur de la salle de classe est de 23°C. En revanche, la période comprise entre la mi-mai et le début du mois de novembre est encore hors de la zone de confort, avec des températures dépassant légèrement les 25°C.

Ces derniers ont permis de démontrer que l'isolation intégrée au milieu de la composition du mur extérieur a influencé positivement le fonctionnement thermique du mur extérieur, puisqu'elle a présenté un confort optimal pendant la période hivernale.

### V.3.3. Résultat de l'impact certains des dispositifs architecturaux « façade ventilé »

Le graphe qui suit est une illustration des résultats relatifs à la simulation thermique dynamique menée en vue d'analyser l'impact de certains dispositifs architecturaux, le cas de la façade ventilée, sur le confort thermique e l'être humaine et sur l'efficacité des parois extérieure.

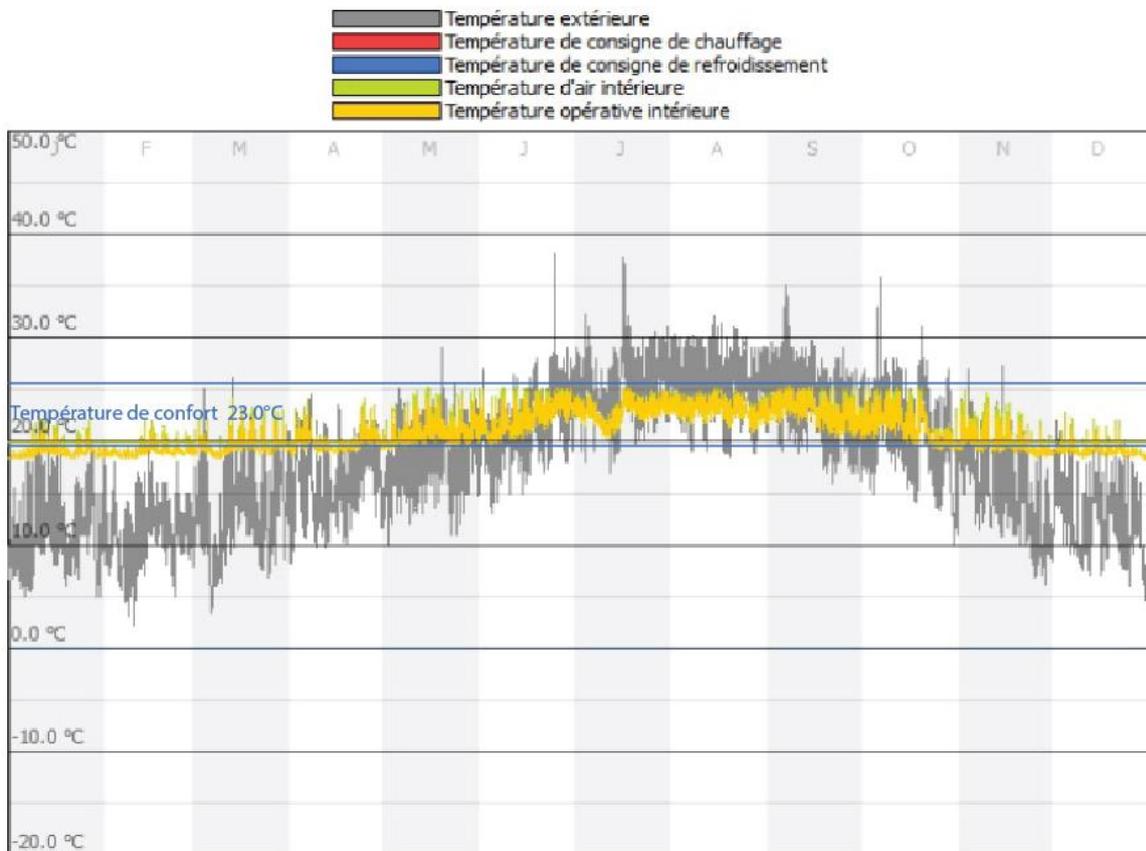


Figure 4.13 : Graphe des températures extérieures et ambiantes simulées après utilisation d'un dispositif de façade ventilée (Source : auteur, 2022).

Les résultats apparaissant sur ce graphique ont confirmé notre prévision concernant le dispositif de la façade ventilée en céramique, les températures ambiantes enregistrées après la simulation se situent toutes à l'intérieur de la zone de confort thermique variant entre 20°C et 25°C tout au long de l'année, et la température ambiante simulée à l'intérieur de la salle de classe est fixé à 23°C. On peut donc dire que le dispositif de la façade ventilée a assuré le confort thermique humain et a permis d'améliorer le fonctionnement thermique des parois extérieures et du bâtiment de manière générale comparé au modèle de référence et à celui de l'isolation.

#### V.3.4. Résultat des besoins énergétiques

La simulation thermique dynamique a été réalisée non seulement pour évaluer le fonctionnement thermique des parois extérieures d'un bâtiment et leur effet sur le confort thermique intérieur, mais également pour analyser leur performance énergétique.

Ci-dessous, un graphe comparant les besoins énergétiques (chauffage et climatisations) des trois scénarios qui ont été simulés pendant une année complète.

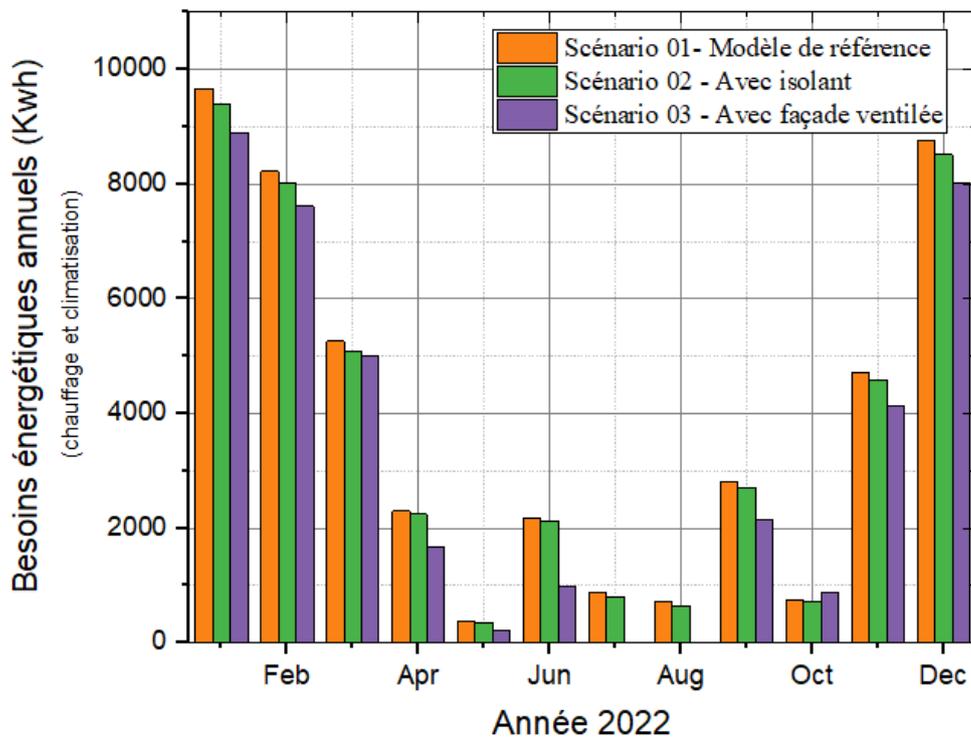


Figure 4.14 : Besoins énergétiques annuels (chauffage et climatisation) des trois scénarios simulés (Source : auteur, 2022).

Le tableau ci-dessous présente la consommation énergétique annuelle estimée des trois scénarios simulés pendant une année complète.

Tableau 4.4 : la consommation énergétique annuelle des trois scénarios simulés  
(source : auteur, 2022).

<b>Consommation énergétique</b>	<b>Scénarios 01 (Modèle initial)</b>	<b>Scénarios 02 (Modèle avec isolant)</b>	<b>Scénario 03 (Modèle avec façade ventilée)</b>
Chauffage	40 237 kWh	39 169 kWh	38 169 kWh
Refroidissement	7515 KWH	7223 kWh	4383 kWh

Ce graphe qui compare les besoins énergétiques des trois scénarios simulés met en avant que, par rapport aux autres scénarios, le scénario initial, similaire au projet réel, devra consommer une quantité d'énergie trop élevée pour que les températures soient maintenues entre 20°C et 25°C tout au long de l'année, et ce en utilisant les équipements de chauffage et de climatisation. A noter que les besoins en chauffage sont estimés à 40237 KWh et environ 7151 KWh pour les besoins en climatisation pour une seule année.

Nous remarquons que le second scénario simulé est moins consommateur d'énergie que le premier et même ses besoins en chauffage ont diminué d'une valeur de 1119 KWh équivalent à 2,79%, et en refroidissement par un pourcentage de 3,88%. Cette petite amélioration du comportement énergétique des parois extérieures et du bâtiment est due à la présence de l'isolation "panneau de verre cellulaire".

Le scénario de dispositifs de façade ventilée sans isolation extérieure est le plus performant en termes d'énergie comparé aux deux autres, il a permis de réduire les besoins énergétiques estimés avec un pourcentage de 5,14% en hiver et 41,67% en été, une valeur très appréciable, nous constatons également que les mois de juillet et août sont devenus indépendants en termes d'énergie.

Nous concluons en disant qu'il est vrai que ce scénario simulé ne constitue peut-être pas les meilleures solutions pour éliminer tous les ponts thermiques et améliorer le comportement thermique et énergétique des parois extérieures et des bâtiments, mais ils ont permis de confirmer nos hypothèses posées dans le chapitre introductif, Le choix adéquat de certains matériaux et dispositifs peut garantir un niveau élevé d'efficacité énergétique ainsi qu'un confort thermique et psychologique.

## **Conclusion**

Afin de conclure, la simulation numérique établie dans le présent chapitre à l'aide du logiciel ArchiWIZARD, a non seulement permis de valider les résultats de l'étude empirique et de consolider l'état de l'art présenté dans les chapitres 1 et 2, mais a également fourni une très grande clarté en ce qui concerne le fonctionnement thermique et la performance énergétique des parois extérieures, étant donné qu'elles constituent une composante importante de l'enveloppe d'un bâtiment, voire le point commun entre l'intérieur et l'extérieur.

Par excellence, les résultats de cette simulation confirment que le choix des matériaux de construction ou d'isolation et celui des dispositifs architecturaux au moment de la conception, sans oublier la prise en compte de leurs caractéristiques, la manière dont ils sont placés et les données climatiques de la ville en question, entraînent directement des impacts négatifs ou positifs sur l'efficacité thermique et énergétique des bâtiments scolaires, et donc sur le confort thermique et psychologique des enfants quelle que soit leur situation, sans négliger l'influence exercée sur l'environnement.

---

---

## **Conclusion générale**

---

---

## Conclusion générale

En l'absence d'appréciation subjective, l'état des bâtiments de la wilaya de Béjaïa accueillant les personnes à mobilité réduite, toutes catégories confondues, est, malheureusement, plus complexe que l'on pourrait le croire, non seulement un manque criant de conformité aux normes, mais aussi un manque global de tous moyens de bien-être et de confort sur tous les plans. Dans le cadre de cette recherche nous avons voulu faire face à deux problèmes majeurs posés dans ce type de bâtiment à savoir le confort thermique et psychologique. Cela constitue une première initiative dans le processus de la révolution évolutive et de l'amélioration au moins de l'espace clé de ces bâtiments. Un bon environnement thermique et architectural à l'intérieur de cet espace sera très bénéfique pour leur l'état psychologique des PMR et assurera également le bon déroulement des activités éducatives.

En effet, et comme l'a vu dans le premier chapitre, la thermique du bâtiment constitue une étape clé dans la production du projet architectural, réussir cette étape permet non seulement d'assurer une longue vie au bâtiment, tout en optimisant la consommation de l'énergie, mais aussi, d'offrir un bon confort thermique et procurer une sensation de bien-être aux usagers. Dans ce sens, nombreuses études et recherches ont été réalisées dans le but d'assurer un très haut niveau de confort thermique et de bien-être des usagers, nous retenons deux indicateurs majeurs, à savoir les différents matériaux de construction existants et les dispositifs architecturaux tels que les différents types de façade et la protection solaire.

Dans le deuxième chapitre, nous avons mis en évidence les particularités architecturales des structures d'accueil adaptées aux enfants atteints de TSA, il est à noter que la qualité architecturale, et l'emploi des ambiances et ce par la maîtrise et la richesse des stimulations sensorielles offertes et par la gestion des stimuli externes, contribuent fortement au confort thermique et psychologique chez les personnes à mobilité réduite.

Dans le troisième consacré à l'étude de deux établissements scolaires situés dans la ville de Béjaïa, en se basant sur une approche empirique, nous avons effectué une étude qualitative à l'aide d'un questionnaire, un échantillon de 23 personnes ont été questionnées et plusieurs

indicateurs ont été utilisés fin d'estimer le degré de bien être des PMR vis-à-vis de la qualité thermique et architecturale des établissements scolaires, et l'influence de ces facteurs sur leur confort psychologique. Une prise de mesures de température in situ durant une journée représentative de la période hivernale a également été faite, dans le but d'évaluer l'impact des matériaux de construction et des dispositifs architecturaux sur le confort thermique et psychologique de ces personnes. Enfin, une étude numérique par le logiciel de simulation thermique dynamique "ARCHIWIZARD" a été réalisée sur les mêmes bâtiments afin d'étudier et d'optimiser l'influence de certains matériaux et dispositifs architecturaux sur les performances thermiques et énergétiques ainsi que sur le confort psychologique des personnes à mobilité réduite dans les écoles.

A partir des résultats obtenus, nous avons bien mis en évidence l'importance de L'environnement thermique et architectural dans le confort psychologique des personnes à mobilité réduite, nous avons aussi démontré que le choix adéquat de matériaux de construction de l'enveloppe du projet, et les différents dispositifs architecturaux, notamment, l'utilisation de l'isolation et des protections solaires des façades garanti un niveau élevé d'efficacité énergétique ainsi qu'un confort thermique et psychologique des usagers dans leur bâtiments scolaires.

## **Recommandations**

Ce travail a abouti à un certain nombre de recommandations qui sont applicables à la conception des futurs structures d'accueil et de scolarisation des PMR, et à l'amélioration de celles existantes.

- Utilisation des protections solaires sur les façades.
- Utilisation de l'isolation des murs, et éventuellement des plafonds ainsi que d'autres éléments de l'enveloppe.
- Opter pour le type de façade qui convient parfaitement au fonctionnement qui sera exercé à l'intérieur.
- Utilisation de matériaux lourds à haute conductivité thermique dans la construction de l'enveloppe du bâtiment.
- Introduction de la végétation (arbres, plantes, herbes) dans l'ensemble du projet.
- Implication des usagers dans la production des espaces qui leur seront destinés.
- Assurer un entretien périodique de la construction.

## **Les limites de la recherche**

Il convient dans la recherche scientifique de souligner quelques limitations et frontières lors de traitement de notre sujet. Ces limites n'ont aucune influence sur la crédibilité de nos résultats mais son franchissement va enrichir sans doute son efficacité et sa scientificité.

- Tout d'abord, La complexité de l'enquête par questionnaire vu de la population ciblée.
- Les procédures administratives ont représenté un obstacle durant toutes les étapes de la recherche.
- L'absence d'un instrument de mesure professionnel pouvant donner des valeurs précises.
- Les mesures de température n'ont été effectuées que pendant la période la plus froide en raison du manque de temps.
- Le délai limité nous a poussé à réduire le nombre de modèles pour la simulation numérique.

## **Perspectives de recherche**

À l'issus de ce travail, nous dégageons des perspectives intéressantes à explorer dans les travaux de recherche futurs. Parmi elles, nous citons :

- Evaluation et amélioration de l'influence de la qualité architectural sur la psychologie de PMR, en intégrant les différents paramètres.
- Etude de l'impact de certains matériaux de construction sur le fonctionnement thermique et énergétique des bâtiments.
- Etude de l'impact des dispositifs architecturaux particulièrement les différents types de façade sur la performance thermique et énergétique des bâtiments.
- Valorisation de cette recherche et des résultats obtenus dans la conception d'établissements accueillant des personnes à mobilité réduite.



# **Références bibliographiques**



## Bibliographie

**Achachera, A. (2015).** *Handicap de l'enfant et impact sur la qualité de vie des parents en Algérie : validation d'un instrument.* Université Paul Valéry Montpellier, France.

**Aid, L. (2016).** *Modélisation et simulation du confort dans un bâtiment intelligent par le formalisme DEVS.* Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf, Oran.

**Ayadi, K. (2019).** *L'architecture et l'autisme.* Université 08 Mai 1945, Guelma.

**Aubr-André, C., Dumarquez, L., Gaulupeau, A., Michel, F., Peninou, L. (2015).** *Isolation thermique et acoustique des bâtiments* (édition du moniteur). Béal.

**Batier, C. (2016).** *Confort thermique et Energie dans l'habitat social en milieu méditerranéen.* Université de Montpellier, France.

**Belkhouane, H. (2017).** *Etude de l'impact des modèles de confort sur la consommation énergétique pour les bâtiments NZEB's type bureaux (Cooling dominated).* Université de Liège, Belgique.

**Berkouk, D. (2017).** *Évaluation du confort thermique et lumineux dans le logement collectif : Étude comparative entre le social et le promotionnel, dans la ville de Biskra.* Université Mohamed Khider, Biskra.

**Besbas, A. (2019).** *Caractérisation du confort thermique estival dans les chambres des malades. Cas des hôpitaux de Biskra.* Université Mohamed Khider, Biskra.

**Blais, I. (2016).** *L'environnement intérieur et l'autisme : Un Centre de jour pour adultes.* Université de Montréal, Canada.

**Boulkenafet, N. (2014).** *Gestion et Optimisation de la Réhabilitation Thermique des Bâtiments.* Université 20 Août 1955, Skikda.

**Carlucci, S. (2013).** *Thermal Comfort Assessment of Buildings (1<sup>ère</sup> édition).* Springer.

**Comina, A.** *Domotique et personnes en situation de handicap dans l'architecture.* Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse.

- Coulibaly, K. (2021).** *Handicap et prise en charge des personnes handicapées dans le quartier de Banconi*. Université des sciences des techniques et des technologies de Bamako, Mali.
- DEMILLY, E. (2014).** *Autisme et Architecture : Relations entre les formes architecturales et l'état clinique des patients*. École Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon, France.
- De Herde, A., Liébard, A. (2006).** *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. Le Moniteur.
- Dominique, G. M. (2001).** *L'architecture écologique (1<sup>ère</sup> édition)*. Le Moniteur.
- Gallauziaux, T., Fedullo, D. (2010).** *Le grand livre de l'isolation (3<sup>ème</sup> édition)*. Eyrolles.
- Jedidi, M., Benjeddou, O. (2016).** *La thermique du bâtiment : Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de clim*. Dunod.
- Kaboré, M. (2006).** *Enjeux de la simulation pour l'étude des performances énergétiques des bâtiments en Afrique sub saharienne*. Université Grenoble Alpes, France.
- Khadraoui, H. (2020).** *Diagnostic et solution adaptées pour l'amélioration de l'efficacité énergétique d'une construction multizone énergivore*. Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen.
- 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)*. Université Mohamed Khider, Biskra.
- Kottas, D. (2017).** *Matériaux : Architecture et construction (édition 2016)*. Links.
- Lamrhari, E. D. (2018).** *Comportement thermique et économie d'énergie dans un appartement avec différentes mesures d'efficacité énergétique dans les six zones climatiques du Maroc*. Université Cadi Ayyad Marrakech, Maroc.
- LABRECHE, S. (2014).** *Forme architecturale et confort hygrothermique dans les bâtiments éducatifs, cas des infrastructures d'enseignement supérieur en régions arides*. Université Mohamed Khider, Biskra.
- Lebkanc, M.P. (2013).** *Stress de parents d'enfants présentant un trouble envahissant du développement : stratégies d'adaptation et besoins à combler*. L'université de Sherbrooke, Canada.
- Lefilerf, S. (2021).** *Structure d'accueil pour enfants avec autisme : Vers une approche sensorielle de l'architecture*. Université Mohamed Seddik Benyahia, Jijel.
- Longuepee, L. (2015).** *Autisme et Architecture : L'exploration des Troubles du Spectre Autistique en relation avec les paramètres architecturaux de leurs lieux de vie*. Université Grenoble Alpes, France.

**Mazari, M. (2012).** *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)*. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.

**Merabtine, A. (2012).** *Modélisation Bond Graphs en vue de l'Efficacité Énergétique du Bâtiment*. Université de Lorraine, France.

**Ménaert, I. (2020).** *Comment l'architecture peut-elle participer au bien-être des personnes présentant un Trouble du Spectre de l'Autisme (TSA) dans les structures d'accueil ?*. Université de Liège, Belgique.

**Moujalled, B. (2007).** *Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés*. Institut des sciences appliquées de Lyon, France.

**Munaretto, F. (2014).** *Étude de l'influence de l'inertie thermique sur les performances énergétiques des bâtiments*. L'École nationale supérieure des mines de Paris, France.

**Pajani, D. (2012).** *La thermographie du bâtiment : Principes et applications du diagnostic thermographique*. Eyrolles.

**Parsons, K. (2014).** *Human Thermal Environments : The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance (3eme édition)*. CRC Press.

**Roques, P. (2016).** *La question de la consommation d'énergie dans les logements sociaux réhabilités*. L'Université Côte d'Azur, France.

**Richard, F., Guy, J., Hovorka, F. (2014).** *L'efficacité énergétique du bâtiment : Optimiser les performances énergétiques, le confort et la valeur des bâtiments tertiaires et industriels (1ère édition)*. Eyrolles.

**Roberto, G., Habermann, J.K. (2008).** *Architecture et efficacité énergétique : Principes de conception et de construction*. Birkhäuser.

**Von Meiss, P. (2012).** *De la forme au lieu + de la tectonique : Une introduction à l'étude de l'architecture*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.



# **Annexes**



## Annexes

### Annexe A : Instrument de mesure

Pour réaliser l'étude quantitative de l'étude empirique, on a utilisé un thermomètre hygromètre numérique LCD d'intérieur et d'extérieur, modèle TA138, capable de mesurer simultanément, au moyen d'une sonde intégrée, la température en °C et l'humidité relative en pourcentage, dont le tableau ci-dessous présente une fiche technique.

**Tableau A.1** : Thermomètre hygromètre numérique LCD intérieur / extérieur – Ta138

(Source : JUMIA, 2022)

• <b>SKU :</b>	TA746LB0017D4NAFAMZ
• <b>Gamme de produits :</b>	Thermomètre
• <b>Modèle :</b>	TA138
• <b>Pays de production :</b>	China
• <b>Taille (Longueur x Largeur x Hauteur cm) :</b>	15 X 8.8 X 2.5
• <b>Poids (kg) :</b>	190
• <b>Certifications :</b>	Cuir AFRDI
• <b>Couleur :</b>	Blanc
• <b>Matériau principal :</b>	ABS
• <b>Type de garantie :</b>	Repair by Vendor

## Annexe B : Questionnaire (استبيان)

### Questionnaire (استبيان)

Madame, Monsieur, Nous souhaitons tout d'abord vous remercier pour votre participation à cette enquête qui s'inscrit dans le cadre de la préparation d'un mémoire de Master en Architecture qui porte sur « **l'amélioration du confort thermique et psychologique des personnes à mobilité réduite** ».

Le présent questionnaire comprend deux parties, la première partie vise à évaluer la satisfaction des travailleurs vis-à-vis les conditions thermiques et psychologiques liées à la qualité architecturale des espaces, cas d'un établissement accueillant des personnes handicapées.

La deuxième partie accordera plus d'importance aux personnes handicapées, à leurs comportements et à la façon dont ces personnes réagissent aux conditions thermiques et architecturales de l'espace de travail, ainsi que l'influence de ces facteurs sur leur état psychologique.

Pour remplir ce questionnaire, il vous faut mettre une croix (X)

سيدتي، سيدي، أولاً، نود أن نشكركم على مشاركتكم في هذا الاستبيان الذي يعد جزءاً أساسياً من إعداد مذكرة ماستر في الهندسة المعمارية الخاصة بـ «تحسين الراحة الحرارية والنفسية للأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة»

يتكون هذا الاستبيان من جزأين، الجزء الأول يهدف إلى تقييم مدى رضا العمال عن الظروف الحرارية والنفسية المتعلقة بالجودة المعمارية للأماكن، خاصة في المؤسسات التي ترحب بذوي الأشخاص ذوي الإعاقة. أما الجزء الثاني يعطي أهمية أكبر للأشخاص ذوي الإعاقة، سلوكياتهم وطريقة تفاعلهم مع الظروف الحرارية والمعمارية الموجودة داخل الأقسام الدراسية، وكذلك تأثير هذه العوامل على حالتهم النفسية.

لملء هذا الاستبيان، ضع علامة (X) من فضلك في الخانة المناسبة

#### Partie N° 01 :

Évaluation du degré de satisfaction des travailleurs vis-à-vis des conditions thermiques et la qualité architecturale des espaces, cas d'un établissement accueillant des personnes handicapées

**Questions d'ordre général**

Sexe (الجنس) :  Homme (ذكر)  Femme (أنثى)

Tranche d'âge (الفئة العمرية) :

15-25 ans  26 – 45 ans  Plus de 45 ans  
 بين 15 و 25 سنة بين 26 و 45 سنة أكثر من 45 سنة

**Le confort thermique de ceux qui travaillent dans des établissements accueillant des personnes handicapées :** الراحة الحرارية للعاملين في المؤسسات التي ترحب بالأشخاص ذوي الإعاقة

**A- Le confort thermique dans des conditions naturelles** الرفاهية الحرارية في ظروف طبيعية

**Q1 :** En tant que travailleur dans cet établissement, par quel terme qualifiez-vous votre sensation thermique à l'intérieur ? أنت كعامل في هذه المؤسسة، بأي مصطلح تؤهل إحساسك الحراري في الداخل؟

La saison الفصل	Très froide بارد جدا	Froide بارد	Légèrement froide بارد قليلا	Confortable مريح	Légèrement chaude حار قليلا	Chaude حار	Très Chaude حار جدا
En hiver في الشتاء							
En été في الصيف							

**Q2 :** En général, êtes-vous content de votre environnement thermique ? بشكل عام، هل أنت سعيد ببيئتك الحرارية؟

La saison	Période الفترة	Très satisfaisant مرضي جدا	Satisfaisant مرضي	Acceptable مقبول	Désagréable بغيض	Très désagréable بغيض جدا
En été في الصيف	Matin صباح					
	Après-midi بعد الظهر					
En hiver في الشتاء	Matin صباح					
	Après-midi بعد الظهر					

**B/- Avec l'utilisation des appareils :** الرفاهية الحرارية مع استخدام الأجهزة :

**Q3 :** A partir de quelle température intérieure considérez-vous qu'il soit nécessaire d'utiliser un appareil de climatisation ou de chauffage ?

ما هي درجة الحرارة الداخلية التي تعتبرها ضرورية لاستخدام جهاز تكييف أو تدفئة؟

En été (في الصيف) (..... °C)

En hiver (في الشتاء) (..... °C)

**Q4 :** Dans votre établissement, à quel moment de la journée faites-vous appel aux équipements de climatisation et de chauffage pour assurer le confort thermique, et surtout, à quelle fréquence ?  
في مؤسستكم، في أي وقت من اليوم تستخدم المكيف أو التدفئة لضمان الرفاهية الحرارية، وكم من مرة في اليوم؟

		Toujours دائماً	Souvent غالباً	Occasionnellement أحياناً	Jamais أبداً
En été في الصيف	Matin صباح				
	Après-midi بعد الظهر				
En hiver في الشتاء	Matin صباح				
	Après-midi بعد الظهر				

**Q5 :** Comment mesurer votre satisfaction après avoir utilisé des équipements de climatisation et de chauffage pour assurer le confort thermique dans votre établissement ?

كيف تقيس رضاك بعد استخدام أجهزة التكييف والتدفئة لضمان الرفاهية الحرارية في مؤسستكم؟

Très satisfaisant مرضي جداً	Satisfaisant مرضي	Acceptable مقبول	Désagréable بغيض	Très désagréable بغيض جداً

**Q6 :** Pour vous, l'utilisation des appareils de climatisation et de chauffage consomme trop d'énergie ?  
بالنسبة لكم، هل استخدام أجهزة التكييف والتدفئة يستهلك الكثير من الطاقة؟

Oui نعم

Non لا

**Q7 :** Si oui, êtes-vous convaincu que cela exerce une influence négative sur notre environnement extérieur et même sur notre santé ?

إذا كان الأمر كذلك، فهل أنت مقتنع بأن هذا له تأثير سلبي على بيئتنا الخارجية وحتى على صحتنا؟

Oui نعم

Non لا

**Qualité architecturale au sein des établissements accueillant des personnes handicapées**  
الجودة المعمارية في المؤسسات التي ترحب بالأشخاص ذوي الإعاقة

**Q8 :** Comment évaluez-vous la qualité architecturale générale de votre établissement ?

كيف تقيم الجودة المعمارية العامة لمؤسستكم؟

Très bonne

Bonne

Acceptable

Mauvaise

Très mauvaise

جيدة جداً

جيدة

مقبول

سيئة

سيئة جداً

**Q9 :** Êtes-vous content de cette qualité architecturale qui existe ?

Oui نعم

Non لا

هل أنت راضٍ عن هذه الجودة المعمارية الموجودة؟

**Q10 :** Si non, où se trouve le problème selon vous ?

إذا لم يكن كذلك، فأين تكمن المشكلة في رأيك؟

L'aménagement de l'espace (تخطيط المساحة)

- La forme architecturale de l'espace (الشكل المعماري للفضاء)
- Les couleurs (des murs, carrelage, etc.) (الألوان (للجدران، البلاط، إلخ))
- Texture (des murs, carrelage, etc.)
- Le mobilier (أثاث)
- Environnement thermique (البيئة الحرارية)
- Autre : .....

### Partie N° : 02

Le comportement et les réactions des personnes handicapées face aux conditions thermiques et architecturales au sein de l'espace de travail (Classe de cour), ainsi que l'influence de ces facteurs sur leur état psychologique. Cette partie consacrée aux personnes en contact direct avec des personnes handicapées, comme les enseignants.

#### Le confort thermique des personnes handicapées

#### الرفاهية الحرارية الأشخاص ذوي الإعاقة

**Q11 :** Ces personnes handicapées sont-elles, à votre avis, satisfaites du niveau de confort thermique existant à l'intérieur des salles de classe ?

هل هؤلاء الأشخاص ذوي الإعاقة، برأيكم راضون عن مستوى الرفاهية الحرارية الموجودة داخل الأقسام الدراسية؟

En hiver, dans des conditions naturelles, sans chauffage : في الشتاء, في الظروف الطبيعية, بدون تدفئة :

Oui نعم

Non لا

En été, dans des conditions naturelles, sans climatisation

في الصيف, في ظروف طبيعية, بدون مكيف

Oui نعم

Non لا

**Q12 :** Si non, par quels moyens ces personnes expriment-elles leur sensation thermique en été et en hiver ?

كيف يعبر الأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة (المعاقين) الموجودين في مؤسستكم عن احساسهم الحراري في صيف و الشتاء؟

Geste de régulation thermique

Crise de nerfs (انهيار عصبي)

Sentiment de malaise (شعور بعدم الارتياح)

Autre : .....

**Q13 :** Ces personnes handicapées sont-ils, à votre avis, satisfaites du niveau de confort thermique assuré par les appareils de climatisation et de chauffage ?

هل هؤلاء الأشخاص المعاقون برأيكم راضون عن مستوى الراحة الحرارية التي توفرها أجهزة التكييف والتدفئة؟

Saison	Conditions	Oui نعم	Non لا
En hiver في الشتاء	Avec l'utilisation du chauffage (مع استخدام التدفئة)		
En été في الصيف	Avec l'utilisation de climatisation (مع استخدام المكيف)		

### Qualité architecturale des salles de classe destinées aux personnes handicapées

#### الجودة المعمارية للأقسام الدراسية المخصصة لذوي الإعاقة

**Q14 :** Comment jugez-vous la qualité architecturale de salle de classe de votre établissement ?  
كيف تحكم على الجودة المعمارية للمساحة الرئيسية (القسم الدراسي) لمؤسستكم؟

Très bonne جيدة جدا	Bonne جيد	Acceptable مقبول	Mauvaise سيء	Très mauvaise سيئة جدا

**Q15 :** La salle de classe de votre établissement est un espace qui répond aux besoins spécifiques de cette catégorie par excellence ? هل القسم الدراسي في مؤسستكم يلبي الاحتياجات الخاصة لهذه الفئة بامتياز؟

Oui نعم

Non لا

**Q16 :** Si non, où se trouve le problème selon vous ? إذا لم يكن كذلك، فأين تكمن المشكلة في رأيك؟

L'aménagement de l'espace (تخطيط المساحة)

La forme architecturale de l'espace (الشكل المعماري للفضاء)

Les couleurs (des murs, carrelage, etc.) (الألوان (للجدران، البلاط، إلخ))

Texture (des murs, carrelage, etc.)

Le mobilier (أثاث)

Environnement thermique (البيئة الحرارية)

Autre : .....

**Q17 :** Selon vous, la qualité architecturale et thermique de ces structures d'accueil exerce une influence positive ou négative sur l'état psychologique de cette catégorie sensible ?

برأيك، الجودة المعمارية والحرارية لهياكل الاستقبال هذه لها تأثير إيجابي أو سلبي على الحالة النفسية لهذه الفئة الهشة؟

Oui نعم

Non لا

**Q18 :** Si oui, à quel point cette influence peut-elle être importante ?

إذا كان الأمر كذلك، فما مدى أهمية هذا التأثير؟

Très important

Important

Moyenne

Faible

Très faible

مهم جدا

مهم

متوسط

ضعيف

ضعيف جدا

**Merci pour votre collaboration et le temps que vous avez consacré à ce questionnaire.**

شكرا لتعاونكم والوقت الذي خصصتموه لهذا الاستبيان

### **Annexe C : Processus de la simulation thermique dynamique**

Les principales phases de la simulation thermique dynamique et énergétique, réalisée avec le logiciel « ArchiWIZARD », depuis la modélisation du modèle 3D jusqu'au rapport, sont indiquées brièvement ci-dessous, pour plus de détails concernant la simulation sont indiqués dans l'annexe D.

- Création de la maquette numérique avec ARCHICAD

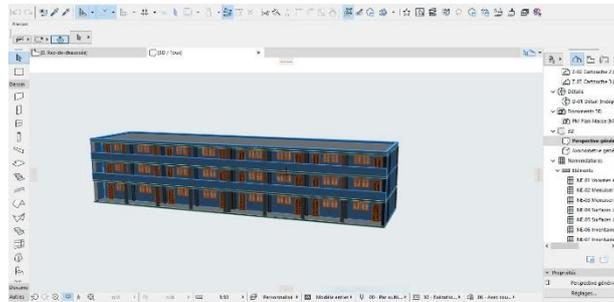


Figure C.1 : Création de la maquette numérique du modèle étudié (Source : auteur, 2022).



Figure C.2 : Définir la localisation de la ville concernée ainsi que son dossier climatique (Source : auteur, 2022)

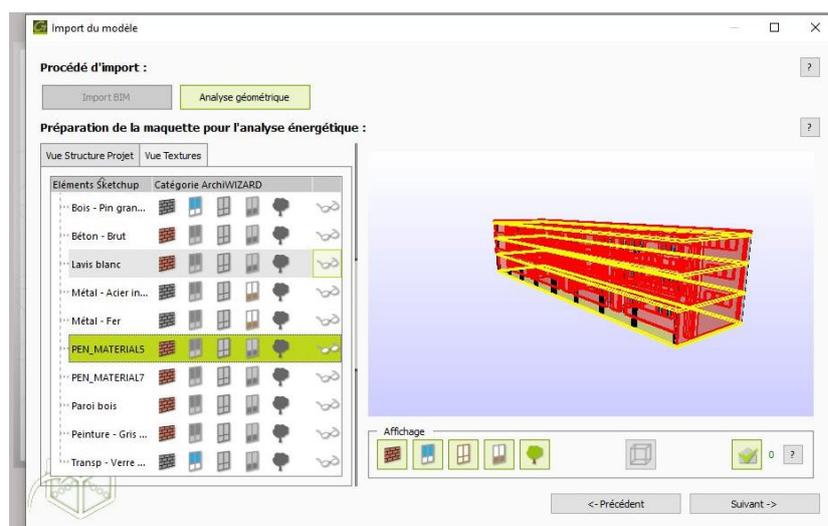


Figure C.3 : Détermination de la configuration et vérifications de tous les éléments existants dans le projet (source : auteur, 2022)

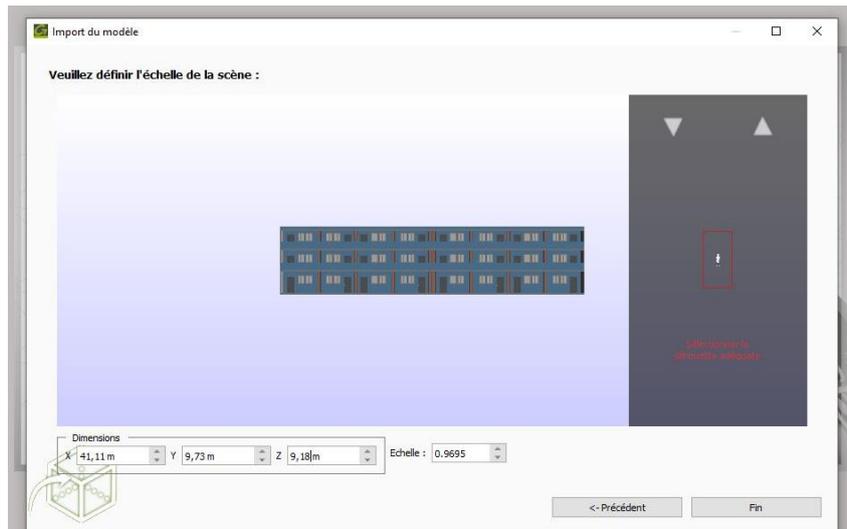


Figure C.4: Fixation de l'échelle (source : auteur, 2022)

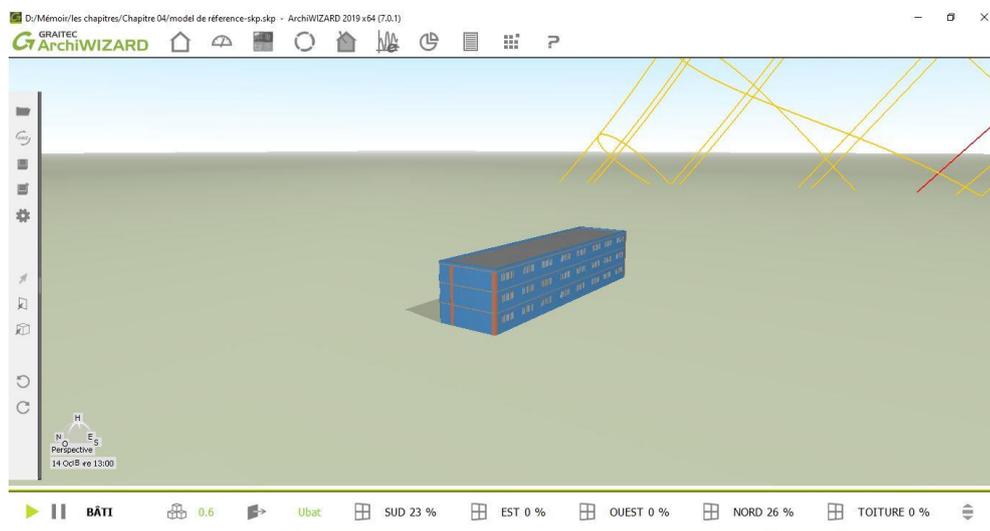


Figure C.5 : l'orientation du projet (Source : auteur, 2022)



Figure C.6 : Préparation du modèle en déterminant les espaces et les zones à étudier (Source : auteur, 2022).

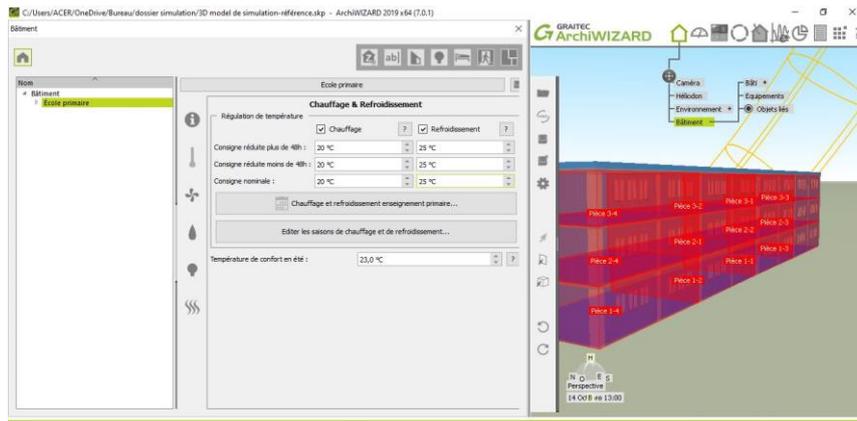


Figure C.7 : Détermination des seuils de température en hiver et en été en fonction des normes de confort thermique (Source : auteur, 2022)

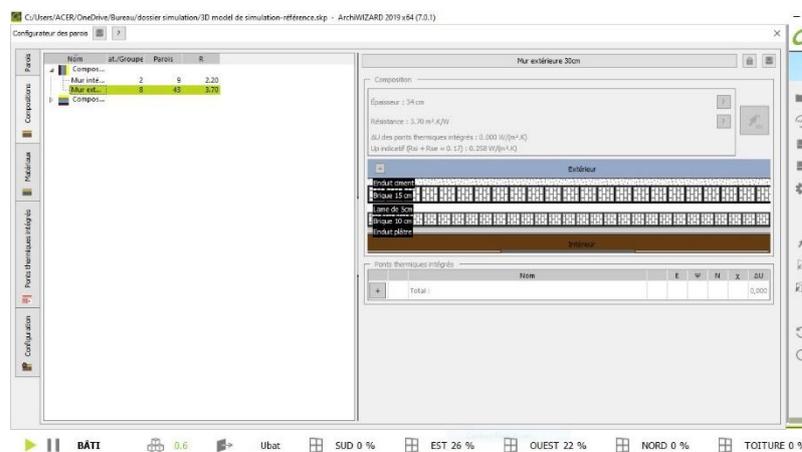


Figure C.8: Introduire les matériaux réellement utilisés dans la conception du modèle de référence (source : auteur, 2022)

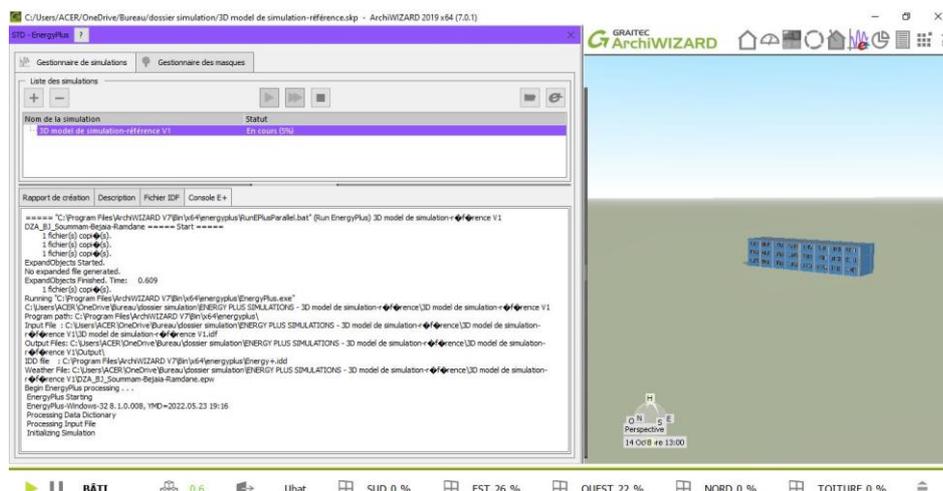


Figure C.9 : Lancer la simulation thermique dynamique pour le modèle de référence et pour chaque scénario proposé (source : auteur, 2022)