

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université 20 Aout 1955. Skikda

Faculté de Technologie
Département : de Génie Civil



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master II

Filière : Génie Civil

Spécialité : Equipement de l'Habitat

Thème

Confort thermique

Présenté par :

- **Belkis Kadid**
- **Amani Yakoub**

Membres de jury :

Président : Mr Zaidi Ahmed (M.A.A)

Université 20 Août 1955 Skikda

Rapporteur : Mme Brighat Karima (M.C.B)

Université 20 Août 1955 Skikda

Examinatrice : Mme Bourfis Hassina (M.C.A)

Université 20 Août 1955 Skikda

Année universitaire : 2023-2024

Dédicace

Ce mémoire est dédié à mes parents, dont le soutien indéfectible et l'encouragement ont été ma plus grande source de force et d'inspiration. À mes amis, qui m'ont apporté une motivation et une joie sans fin tout au long de ce parcours.

Et à mes professeurs et mentors, dont les conseils et la sagesse ont été inestimables pour la réalisation de ce travail.

Merci de croire en moi et pour tous vos sacrifices.

Cet accomplissement est autant le vôtre que le mien.

Remerciement

Tout d'abord, je veux exprimer par ces quelques lignes de remerciements mes gratitudes envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

En premier lieu nous remercions mon encadreur **Mme Bright Karim** pour sa confiance, sa disponibilité et son aide précieuse qui m'ont permis de finaliser ce mémoire.

Nous tiens à remercier aussi tous les professeurs qui m'ont encadré et enseigné durant mon cursus.

Nous remercions aussi mes camarades de classe pour leur encouragement, et je souhaite la bonne chance à toute la promotion.

Résumé

Le confort thermique est un état de bien-être ressenti en fonction de la température ambiante, de l'humidité relative, de la vitesse de l'air et d'autres facteurs environnementaux qui influencent la sensation de confort. Pour atteindre le confort thermique, la température de l'environnement doit être adéquate, de sorte que la personne ne ressente ni une chaleur excessive ni un froid extrême. De même, le taux d'humidité doit être approprié pour éviter la sensation de sécheresse ou d'humidité excessive. La vitesse de l'air joue également un rôle important, car un air en mouvement peut aider à atténuer la sensation de chaleur à des températures élevées. L'importance du confort thermique réside dans son impact significatif sur la productivité et la santé générale. Ne pas ressentir de confort thermique peut entraîner de la fatigue et du stress, et causer des problèmes de santé à long terme comme l'hypertension artérielle ou les coups de chaleur. Pour atteindre ce confort, on peut utiliser des systèmes de climatisation et de chauffage appropriés, assurer une bonne ventilation de l'espace, utiliser des matériaux de construction isolants thermiquement et choisir des vêtements adaptés à chaque saison. En résumé, le confort thermique est un élément essentiel du bien-être quotidien, et son atteinte nécessite un équilibre entre plusieurs facteurs environnementaux pour fournir un environnement approprié qui favorise la sensation de confort et la santé.

Abstract :

Thermal comfort is a state of well-being experienced based on ambient temperature, relative humidity, air velocity, and other environmental factors that influence the sensation of comfort. To achieve thermal comfort, the ambient temperature should be adequate, so that one does not feel excessive heat or extreme cold. Likewise, the humidity level should be suitable to avoid the sensation of dryness or excessive humidity. Air velocity also plays an important role, as moving air can help alleviate the feeling of heat in high temperatures. The importance of thermal comfort lies in its significant impact on productivity and overall health. Not feeling thermally comfortable can lead to fatigue and stress, and cause long-term health problems such as high blood pressure or heatstroke. To achieve this comfort, appropriate air conditioning and heating systems can be used, good ventilation should be provided, thermally insulating building materials should be used, and suitable clothing should be chosen for each season. In summary, thermal comfort is an essential part of daily well-being, and achieving it requires a balance between various environmental factors to provide a suitable environment that enhances the feeling of comfort and health.

ملخص

الراحة الحرارية هي حالة من الشعور بالارتياح من حيث درجات الحرارة المحيطة والرطوبة النسبية وسرعة الهواء والعوامل البيئية الأخرى التي تؤثر على الشعور بالراحة. لتحقيق الراحة الحرارية، ينبغي أن تكون درجة الحرارة في البيئة المحيطة ملائمة بحيث لا يشعر الإنسان بالحرارة الزائدة أو البرودة الشديدة، كما يجب أن تكون نسبة الرطوبة مناسبة لتجنب الشعور بالجفاف أو الرطوبة العالية. سرعة الهواء تلعب دورًا مهمًا أيضًا، حيث أن الهواء المتحرك يمكن أن يساعد في تخفيف الشعور بالحرارة في درجات الحرارة العالية. أهمية الراحة الحرارية تكمن في تأثيرها الكبير على الإنتاجية والصحة العامة. فعدم الشعور بالراحة الحرارية قد يؤدي إلى التعب والإجهاد، وقد يتسبب في مشكلات صحية على المدى الطويل مثل ارتفاع ضغط الدم أو ضربة الشمس. لتحقيق ذلك، يمكن استخدام أنظمة التكييف والتدفئة المناسبة، وتوفير تهوية جيدة للمكان، واستخدام مواد بناء عازلة للحرارة، بالإضافة إلى اختيار الملابس المناسبة لكل فصل من فصول السنة باختصار، الراحة الحرارية تعتبر جزءًا أساسيًا من الرفاهية اليومية، وتحقيقها يتطلب موازنة بين العديد من العوامل البيئية لتوفير بيئة ملائمة تعزز الشعور بالراحة والصحة.

Sommaire

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Introduction	
problématique	
Hypothèse	
Méthode	
Contexte d'étude	
Chapitre I : Le Confort Thermique	
I.1.Introduction :	16
I.2.Le confort :	16
I.2.1Définition du confort :	16
I.2.2. Les différents types de confort dans l'habitat :	16
I.3.Le confort thermique :	16
I.3.1 Définition du confort thermique :	16
I.3.2 Mode de transfert thermique :	16
Conclusion	16
I.4.Les paramètre du confort thermique :	18
I.4.1.Le métabolisme:	18
I.4.2.L'habillement :	19
I.4.3.La température ambiante de l'air (T_a) :	19
I.4.4.La température moyenne des parois (T_p) :	19
I.4.5.L'humidité relative de l'air (HR) :	19
I.4.6.La vitesse de l'air :	19
I.5.Conclusion :	20
Bibliographie :	21
Chapitre II : L'isolation Thermique Des Bâtiment	
II.1.Introduction :	23
II.2. Isolation thermique :	23
II.2.1. Définition :	23
II.2.2. Le but de l'isolation thermique :	23
II.2.3.La ventilation et l'humidité :	23
II.2.4.Conséquences de l'isolation thermique :	23
II.2.5.Renforcement thermique :	24
II.2.6. L'isolation par l'intérieure :	25
II.2.7. L'isolation par l'extérieur :	25
II.2.8. avantages de l'isolation thermique :	25
II.3.Classification des matériaux isolants :	25
II.3.1. Isolants thermiques inorganiques fiables et pulvérulents :	25
II.3.2. Produits en fibre minérale :	25
II.3.3. Isolants thermique à basse d'amiante :	26
II.3.4. Isolants thermique en perlite :	26

II.3.5. Autre isolants thermiques inorganiques :	26
II.3.6. Isolants thermiques en matières organiques :	26
II.3.7. Isolants thermiques en mousse plastique :	26
II.3. Le transfert de chaleur :	27
II.3.1. Conduction:	27
II.3.2. Convection:	27
II.3.3. Rayonnement:	27
II.4. Les caractéristiques pour un isolant thermique :	28
II.4.1. Conductivité thermique :	28
II.4.2. Résistance thermique :	28
II.4.3. Coefficient de résistance à la vapeur D'eau :	28
II.4.4. La transmission calorifique d'une paroi	28
II.5. les déperditions thermiques	28
II.5.1. la déperdition thermique d'une paroi	29
II.5.2. les points des déperditions	29
II.5.3. Isolation d'une paroi :	30
II.6. L'isolation thermique en Algérie :	30
II.6.1. La réglementation thermique algérienne :	30
II.6.2. Vérification d'hiver (DTR C3-2):	31
II.6.3. Vérification d'été (DTR C3-4):	31
II.6.4. L'inertie thermique:	31
II.6.5. Effet de l'inertie:	31
II.7. Conclusion :	31
Bibliographie :	32
Chapitre III : Les Matériaux d'isolation	
III.1. Introduction	35
III.2. Les Différents types d'isolants :	35
III.2.1. Les isolants synthétiques :	35
III.2.2. Les isolants minéraux :	37
III.2.3. Les isolants naturels :	39
III.2.4. Les isolants nouvelle génération :	43
III.3. Les différentes utilisations des isolants :	44
III.4. Récapitulatif des caractéristiques des isolants :	46
III.5. Les avantages et les inconvénients du matériau isolants :	46
III.6. Déphasage thermique des isolants :	47
III.7. Efficacité technique et économique de l'utilisation des matériaux et éléments calorifuges :	47
III.8. Les matériaux isolants utilisés en Algérie :	48
III.8.1. polystyrène expansé :	48
III.8.2. le liège expansé:	49
III.8.3. béton cellulaire autoclave :	49
III.9. Les paramètres de calculs économiques de l'isolation :	49
III.9.1. Le coût de l'isolant :	50
III.9.2. Epaisseur de l'isolant :	50

III.9.3.La durée de vie de l'isolant :	50
III.10.Conclusion :	50
Bibliographie :	51
Chapitre IV : Etude de cas existant :	
IV.1.Introduction :	54
IV.2.Présentation de la willaya de Skikda :	54
IV.2.1.La situation de Skikda :	54
IV.2.2.Etude climatique :	55
IV.3.Situation de l'université 20 aout 1955 Skikda :	57
IV.4.Présentation du cas d'étude :	59
IV.4.1.Localisation du département de génie civil :	59
IV.4.3.Choix du cas d'étude (la salle 11) :	63
IV.5.Méthodologie d'évaluation du confort thermique :	64
IV.5.1Evaluation subjective : (questionnaire) :	64
IV.5.2.Évaluation objective : (mesures thermique) :	91
Conclusion :	98
Conclusion Générale :	
Annexe :	

Liste des tableaux

Tableau1 : les avantages et inconvénients	26
Tableau2 : comparatif isolant	45
Tableau 3: les caractéristiques principales des différents matériaux isolants	46
Tableau 4 : les avantages et les inconvénients	46
Tableau.5: le niveau de sensibilité à la chaleur	65
Tableau 06 : l'importance à la météo pour habiller le matin	66
Tableau 07: l'importance pour d'avoir une température confortable dans la classe	67
Tableau 08: la nécessité de climatiser les locaux en été	68
Tableau 09 :type de ventilation pour la classe	69
Tableau 10.: la facteur le plus défavorable pour confort en été	70
Tableau 11 :la facture le plus défavorable pour confort en hiver	71
tableau 12 :classer la température en été	72
Tableau13 :classer la température d'une journée d'été	73
Tableau14 : classe la température en hiver	74
Tableau 15 : classe la température d'une journée d'hiver	75
Tableau 16 :classe le ventilation naturelle en été	76
Tableau.17: classe ventilation naturelle en hiver	77
Tableau 18 : Niveau de l'humidité	78
Tableau 19 : niveau d' ensoleillement	79
Tableau 20: en été , le matin	80
Tableau 21 : en été , l'après midi	81
Tableau 22 : en hiver , le matin	82
Tableau 23 :En hiver l'après midi	83
Tableau 24 : le satisfait de environnement en classe	84
Tableau. 25: la possibilité d'ouvrir , fermer une fenêtre	85
Tableau 26: possibilité de ouvrir , fermer une porte	86
Tableau27 : possibilité utiliser les protection solaires (rideaux ou stores)	87
Tableau 28 : possibilité de contrôler le fonctionnement d'un ventilateur	88
Tableau 29 : possibilité de contrôle le fonctionnement d'un climatisation	89
Tableau 30 : la coefficient des matériaux	90
Tableau 31: Dimensionnement de la salle 11	92

Tableau 32: déperdition avant la correction	92
Tableau 33 : les caractéristique technique de liège	92
Tableau 34: les étapes de mise en place du matériau	95
Tableau 35: déperdition après la correction	95
Tableau 36: cout du liège	96
Tableau 37: cout de vitrage	97

Liste des figures

figure 01 : la transfert de chaleur par conduction	17
figure 02 : transfert de chaleur par convection	17
figure03 : transfert de chaleur rayonnement	18
figure 04 :transfert de chaleur par évaporation	18
figure 05 : les six paramétra de confort thermique	19
figure 06 :les mode de transfert de chaleur	28
figure 07:déperditions thermique	29
figure 08 :les points des déperditions	30
Figure 09 : Le polyuréthane	36
Figure 10 : Le polystyrène expansé	36
Figure 11 : Le polystyrène extrude	37
Figure 12: Laine de verre	38
Figure 13 : laine de roche	38
Figure 14 : La perlite expansée	39
Figure 15 : laine de mouton	40
Figure 16 : Laine de chanvre	40
Figure 17 :Paille	41
Figure18:Plume de canard	41
Figure19:Laine de coton	42
Figure 20: Liège	42
Figure 21 :Laine de bois	43
Figure 22: Le béton cellulaire	44
figure 23:déphasage thermique	47
Figure 24: Situation géographique de la wilaya de SKIKDA	55
Figure 25 :carte des altitudes de la wilaya de SKIKDA	55
Figure 26: Valeurs de températures et les précipitations mensuelles 2019	56
Figure 27: Valeur de l'humidité mois de Juin 2020	57
Figure 28 :Vitesse mensuelle des vents dominants (m/s) pour l'année 2019	57
Figure 29 :localisation de université de 20 aout 1955	58
Figure 30 : Plan de situation du département de génie civil	59
Figure 31: Plan de masse	59

Figure 32: Vue aérienne du département	60
Figure 33 : vue principale du département de génie civile	61
Figure 34 : Plan de rez - de-chaussée	61
Figure 35 : Laboratoire de structures	61
Figure :36 : Entrée 01 et salle 01....	61
Figure 37 :Le hall de rez-de-chaussée	62
Figure 38 : Plan du premier étage	62
Figure 39 : Administration	63
Figure40 :Le hall du premier étage	63
Figure 41 : salle11	64
Figure 42 : le niveau de sensibilité à la chaleur	65
Figure 43 : L'importance à la météo pour habiller le matin	66
Figure 45 : l'importance pour d'avoir une température confortable dans la classe	67
Figure 46 : la nécessité de climatiser les locaux en été	68
Figure 47 : type de ventilation pour la classe	69
Figure 48 : la facteur le plus défavorable pour confort en été	70
Figure 49 : la facture le plus défavorable pour confort en hiver	71
Figure 50 : classer la température en été	72
Figure 51 : classer la température d'une journée d'été	73
Figure 52 : classe la température en hiver	74
Figure 53 : classe la température d'une journée d'hiver	75
Figure : 54 classe le ventilation naturelle en été	76
Figure 55 : classe ventilation naturelle en hiver	77
Figure 56 : Niveau de l'humidité	78
Figure 57 : niveau d'ensoleillement	79
Figure 58 : en été , le matin	80
Figure 59 : en été , l'après midi	81
Figure 60 : en hiver , le matin	82
Figure 61 : En hiver l'après midi	83
Figure 62 : le satisfait de environnement en classe	84
Figure 63 : la possibilité d'ouvrir , fermer une fenêtre	85
Figure 64 : possibilité de ouvrir , fermer une porte	86
Figure 65 : possibilité utiliser les protection solaires (rideaux ou stores)	87
Figure 66 : possibilité de contrôler le fonctionnement d'un ventilateur	88
Figure 67 : possibilité decontrôler le fonctionnement d'un radiateur	89
Figure 68 : possibilité de contrôle le fonctionnement d'un climatisation	90
figure 69 : thermomètre à mercure	91
Figure 70 : Flux de chaleur	93
Figure 71 : Les zones isoler thermiquement	94
Figure 72 : Lieu de mesure de la température	96
Figure 73 : Flux de chaleur après la correction	96

Introduction Générale

Introduction Générale

Introduction

Les salles de cours jouent un rôle crucial dans la fourniture d'un environnement d'apprentissage approprié pour les étudiants. La qualité et l'adéquation de la salle de classe peuvent avoir un impact significatif sur la concentration, la compréhension et la motivation des étudiants. De plus, le confort visuel, spatial et esthétique dans la salle de classe contribue à stimuler l'apprentissage et à renforcer l'interaction entre les étudiants et les enseignants.

En outre, le confort thermique dans les salles de cours est essentiel. La bonne température contribue à améliorer la concentration et les performances générales des étudiants et des enseignants. Des conditions thermiques appropriées aident à créer un environnement d'apprentissage confortable et encourageant pour tous.

Il est essentiel que les parties prenantes tiennent compte de ces facteurs lors de la planification et de la conception des bâtiments éducatifs, ainsi que de la mise à jour et de la maintenance des systèmes de chauffage dans les salles de classe.

Problématique

Le problème énergétique en Algérie est une préoccupation majeure, et la prise en charge des bâtiments existants ainsi que des projets en cours de construction est une priorité importante pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire la consommation d'énergie cela peut impliquer des mesures telles que l'isolation thermique l'utilisation de matériaux et de technologies éco-énergétiques ainsi que la sensibilisation à l'importance de la conservation de l'énergie.

Le problème de la qualité thermique concerne la capacité d'un espace ou d'un bâtiment à maintenir une température confortable et stable, indépendamment des conditions extérieures.

La qualité thermique d'un espace ou d'un matériau fait référence à sa capacité à maintenir des conditions thermique confortable pour les occupants.

Un environnement avec une bonne qualité thermique offre un confort thermique optimal, ce qui peut avoir un impact significatif sur le bien-être et la santé des individus. Le confort thermique joue un rôle essentiel dans la satisfaction des occupants et peut contribuer à leur productivité, leur santé mentale. Par conséquent l'importance du confort thermique dans les espaces habitables, de travail ou vde loisirs est primordiale pour assurer le bien-être général des personnes.

Ce problème peut inclure des problèmes tels que des fluctuations excessives de température, des points froids ou chauds, des problèmes d'humidité, des courants d'air ou un manque d'isolation thermique adéquate.

Les salles de cours jouent un rôle crucial dans la fourniture d'un environnement d'apprentissage approprié pour les étudiants. La qualité et l'adéquation de la salle de classe peuvent avoir un impact significatif sur la concentration, la compréhension et la motivation des étudiants. De plus, le confort visuel, spatial et esthétique dans la salle de classe contribue à stimuler l'apprentissage et à renforcer l'interaction entre les étudiants et les enseignants.

Introduction Générale

En outre, le confort thermique dans les salles de cours est essentiel. La bonne température contribue à améliorer la concentration et les performances générales des étudiants et des enseignants. Des conditions thermiques appropriées aident à créer un environnement d'apprentissage confortable et encourageant pour tous.

Il est essentiel que les parties prenantes tiennent compte de ces facteurs lors de la planification et de la conception des bâtiments éducatifs, ainsi que de la mise à jour et de la maintenance des systèmes de chauffage dans les salles de classe.

Au cours de mes études, j'ai constaté que la qualité thermique (de département) est faible comment ? et peut affecter le confort, la productivité, la santé et le bien-être des étudiants. De plus, une mauvaise qualité thermique peut entraîner une augmentation de la consommation d'énergie pour le chauffage ou la climatisation, ayant un impact négatif sur l'environnement et pouvant augmenter les coûts d'exploitation.

Comment pouvons-nous alors atteindre le confort thermique dans les classes pédagogiques du département de génie civil ?

Hypothèse :

L'amélioration de la qualité thermique dans les salles de cours du département de Génie civil à l'Université du 20 Août 1955 à Skikda, en Algérie, peut être atteinte grâce à la mise en œuvre de mesures spécifiques telles que l'amélioration de l'isolation thermique, l'utilisation de matériaux et de technologies éco-énergétiques, et la sensibilisation des parties prenantes à l'importance de la conservation de l'énergie. Ces interventions devraient contribuer à réduire les fluctuations de température, minimiser les points froids et chauds, et diminuer les problèmes d'humidité et de courants d'air, aboutissant ainsi à un environnement d'apprentissage plus confortable, performant et économe en énergie.

Sous-hypothèses :

1. Isolation thermique améliorée : En renforçant l'isolation thermique des salles de cours, il est possible de réduire les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été, contribuant ainsi à maintenir une température intérieure stable et confortable.

2. Matériaux et technologies éco-énergétiques : L'utilisation de matériaux de construction innovants et de technologies éco-énergétiques (comme les fenêtres à double vitrage, les systèmes de chauffage et de climatisation efficaces, et les revêtements de sol thermiquement isolants) peut améliorer significativement la qualité thermique des espaces pédagogiques.

3. Sensibilisation et formation: La sensibilisation des étudiants, des enseignants et du personnel administratif à l'importance de la conservation de l'énergie et aux pratiques éco-énergétiques (comme l'optimisation de l'utilisation des équipements de chauffage et de climatisation) peut contribuer à une gestion plus efficace de la consommation énergétique des bâtiments.

Introduction Générale

4. Maintenance régulière: La mise en place d'un programme de maintenance régulière des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) peut prévenir les dysfonctionnements et assurer un fonctionnement optimal des équipements, améliorant ainsi la qualité thermique des salles de cours.

En testant ces hypothèses, il sera possible de déterminer les mesures les plus efficaces pour améliorer la qualité thermique des salles de cours, réduisant ainsi la consommation d'énergie et améliorant le bien-être des étudiants et des enseignants.

Méthode :

Pour parvenir à une solution satisfaisante, nous avons suivi des méthodes dans notre étude, notamment des mesures et des tests.

Les mesures ont impliqué la prise de température à l'intérieur et à l'extérieur de la salle ainsi qu'à divers endroits.

Les tests ont consisté à poser quelques questions aux étudiants et à analyser leurs réponses.

Grâce aux résultats obtenus, nous avons pu trouver une solution satisfaisante et efficace.

Contexte d'étude :

Nous avons choisi la salle 11 du bâtiment de génie civil sur la base de notre expérience personnelle et des expériences de certains étudiants avant nous. Nos expériences étaient accompagnées de commentaires négatifs sur le confort thermique là-bas, ce qui a été la principale motivation pour la choisir.

Structure de mémoire

- Le premier chapitre nous avons parlé du confort thermique
- Le deuxième chapitre nous avons abordé l'isolation thermique
- Le troisième chapitre nous avons parlé du matériaux isolants

Chapitre I : Le Confort Thermique

I.1.Introduction :

Le confort thermique est une composante essentielle de notre bien-être dans l'espace intérieur. Il se réfère à la sensation de confort liée à la température, à l'humidité, au mouvement de l'air et à d'autres facteurs environnementaux. Assurer un bon confort thermique est crucial pour la santé, la productivité et le bien-être des occupants des bâtiments.

I.2.Le confort :

I.2.1Définition du confort :

Le confort c'est le bien être matériel résultant des commodités de ce dont on dispose. (La rousse) il peut être perçu comme un état d'équilibre entre l'être humain et le milieu dans lequel il se trouve à un moment donné il crée ainsi un état de bien être propice à l'activité du moment l'inconfort au contraire est un état de déséquilibre entre l'être humain et son milieu donnant lieu à des états de tension et de souffrance le confort se divise en deux ^[1]:

- confort psychosociologique
- confort physique

➤ **Le confort physique :**

Relève de l'environnement physique essentiellement du domaine de l'ergonomie et du bon déroulement des activités dans l'espace ^[2]

I.2.2. Les différents types de confort dans l'habitat :

Il existe quatre types de confort dans l'habitat ^[3] :

- confort olfactif
- confort visuel
- confort acoustique
- confort végétation
- confort thermique

I.3.Le confort thermique :

I.3.1 Définition du confort thermique :

Une situation de confort thermique est atteinte lorsque notre environnement thermique nous procure une sensation de bien-être l'environnement thermique correspond aux caractéristiques de l'environnement qui affectent nos échanges de chaleur avec ce qui nous entoure ^[4].

I.3.2 Mode de transfert thermique :

On distingue trois modes de transfert de chaleur ^[5]:

➤ **conduction :**

On perd ou on gagne de l'énergie par contact direct avec des objets froids ou chauds, mais ce mode de transfert a une influence plus faible que les précédents

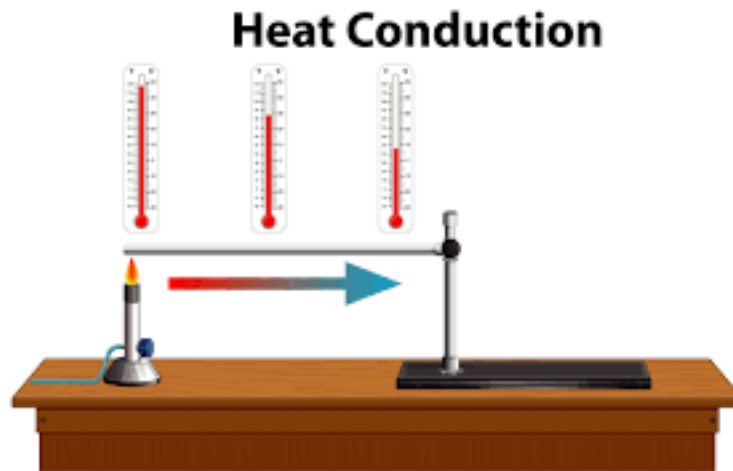


Figure 01 : la transfert de chaleur par conduction
<https://fr.vecteezy.com/>

➤ **convection :**

L'échange de chaleur entre l'air ambiant et le corps humain est augmenté par la vitesse de l'air et l'écart de température entre les deux (02) corps.

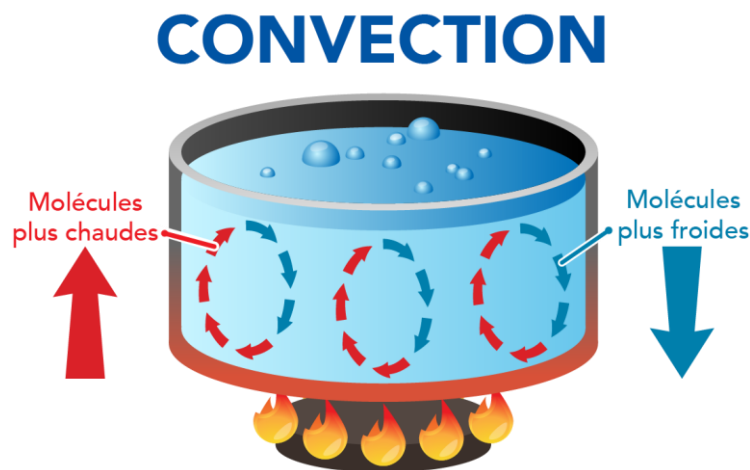


Figure 02 : transfert de chaleur par convection
<https://parlonssciences.ca/>

➤ **rayonnement :**

Même sans contact, deux corps échangent de l'énergie, par exemple le soleil chauffe notre maison toute la journée et les objets qui ont absorbé cette chaleur la rediffusent par la suite, lorsque la Température extérieure diminue.

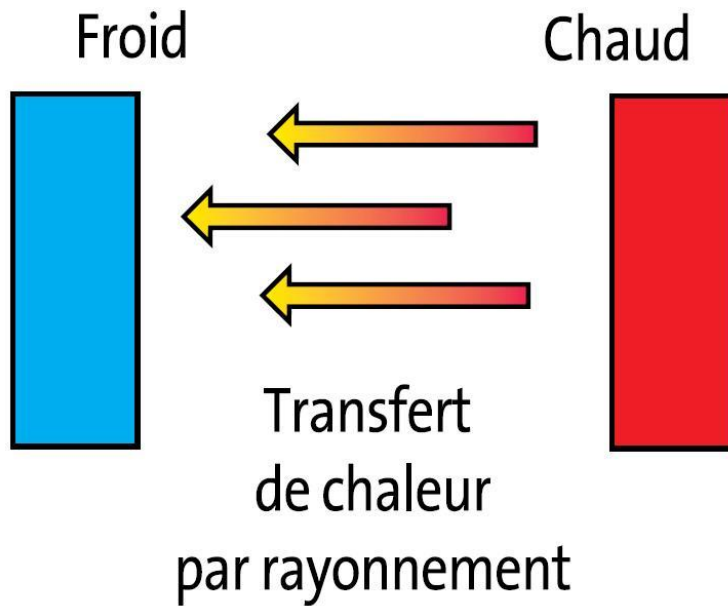


Figure 03 : transfert de chaleur rayonnement
<https://www.hqe.guidenr.fr/>

➤ **évaporation :**

L'eau qui s'évapore à la surface de notre peau est un moyen d'évacuer de la chaleur et donc de diminuer notre température corporelle.

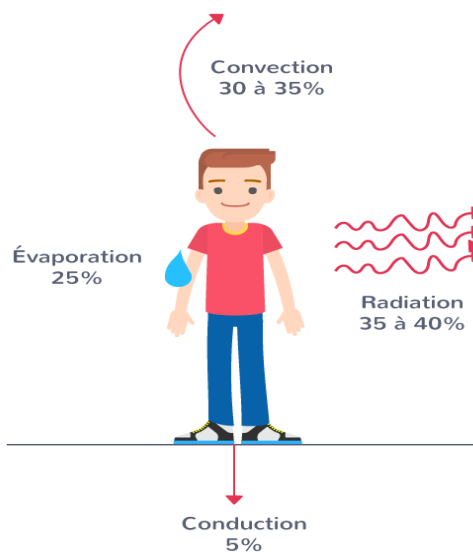


Figure 04 :transfert de chaleur par évaporation
<https://www.kartable.fr/>

I.4. Les paramètres du confort thermique :

I.4.1. Le métabolisme:

Il produit la chaleur interne du corps et permet de la maintenir aux alentours des 37°C. Une personne assise n'aura pas la même production de chaleur qu'une personne en activité et donc n'aura pas le même ressenti dans une même ambiance^[6].

Chapitre I : Le confort thermique

I.4.2.L'habillement :

Il joue un rôle très important car il est le dernier rempart entre la surface de la peau et l'environnement. Plus l'habillement sera important, plus la résistance thermique aux échanges de chaleur sera importante (même principe que l'isolation thermique d'un bâtiment)^[6].

I.4.3.La température ambiante de l'air (Ta) :

Elle correspond à la température demandée au système de chauffage. La température de consigne de base est de 19 °C.

La température ambiante est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires. La température de l'air n'est pas uniforme, des différences se présentent également à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe^[6]

I.4.4.La température moyenne des parois (Tp) :

Elle correspond à la moyenne des températures des murs, dalles, plafonds et ouvrants. Plus le bâtiment est déprédatif et donc faiblement isolé, plus cette température est faible. On observera alors des phénomènes de parois froides^[6]

I.4.5.L'humidité relative de l'air (HR) :

Exprimée en pourcentage, il s'agit du rapport entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ambiante de l'air et la quantité maximale d'eau que peut contenir l'air à cette même température^[6].

I.4.6.La vitesse de l'air :

Elle joue directement sur les échanges de chaleur par convection. En présence de courants d'air, les pertes de chaleur de l'organisme seront plus importantes et donc entraîneront une sensation de froid^[6].



Figure 05 : les six paramètres de confort thermique

<https://isolation-thermique.org>

I.5. Conclusion :

En conclusion, le confort thermique est un aspect essentiel de la conception des bâtiments, visant à créer un environnement intérieur agréable et sain pour les occupants. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'intégrer des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation efficaces, ainsi que des matériaux d'isolation adéquats pour maintenir une température confortable à l'intérieur du bâtiment, quelles que soient les conditions météorologiques extérieures. En outre, une bonne gestion de la ventilation et de la qualité de l'air contribue également à assurer un confort thermique optimal. En combinant ces éléments, il est possible de créer

des espaces intérieurs agréables, tout en minimisant l'impact sur l'environnement et en optimisant l'efficacité énergétique

Chapitre I : Le confort thermique

Bibliographie :

- [1] : (file:///F:/nouveau%20dossier/confort%20en%20architecture.html)
- [2] : (https://fr.slideshare.net)
- [3] : (https://www.xpair.com/lexique/definition/confort.htm)
- [4] : (www.precarite-energie.org)
- [5] : (www.precarite-energie.org/wp-content/uploads/2019/07/3.fiche-sante-confort-thermique-pdf)
- [6] : (http://alec-nancy.fr/wp-content/uploads/2017/09/ALEC-Nancy-grands-territoires-3-actions-1-1.pdf)

Chapitre II : L'isolation Thermique Des Bâtiment

II.1.Introduction :

L'isolation thermique des bâtiments est une pratique essentielle pour réduire la perte de chaleur en hiver et maintenir une température confortable en été.

Elle implique l'installation de matériaux isolant dans les murs, les planchers, les toits et les fenêtres pour limiter les transferts de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur ce qui améliore l'efficacité énergétique et réduit les couts de chauffage et de climatisation.

II.2. Isolation thermique :

II.2.1. Définition :

L'isolation thermique est une technique employée pour limiter l'échange de chaleur entre deux milieux à températures différentes. La performance d'un produit isolant destiné à séparer ces deux milieux est alors caractérisée par sa capacité à résister à cet échange. Au sein d'un bâtiment, l'isolation thermique vise à conserver la fraîcheur en été et inversement à empêcher la chaleur intérieure de s'échapper en hiver. Si elle est convenablement conçue, l'isolation thermique va de pair avec l'efficacité énergétique, permettant de réduire le besoin en chauffage ou en ventilation et s'inscrit parfaitement aux objectifs actuels de lutte contre le changement climatique^[1].

II.2.2. Le but de l'isolation thermique :

L'isolation thermique a pour objectif d'empêcher les transferts de chaleur entre un milieu chaud et un milieu froid. Pour être efficace, elle doit se concentrer sur certains points précis, appelés ponts thermiques, comme les portes, les fenêtres, les planchers ainsi que les murs extérieurs^[2].

II.2.3.La ventilation et l'humidité :

L'isolation thermique, bien conçue et réalisée, élimine les ponts thermiques, augmente la résistance thermique de la paroi en amenant sa température de surface proche voire identique à l'air ambiant. Cela évite tout risque de condensation, pour autant qu'il existe un système de ventilation qui soit en fonctionnement. En effet, pour le confort des occupants, tout excès d'humidité dans l'air ambiant doit être impérativement évacué par un système de ventilation permanent. Une ventilation adaptée associée à une isolation performante est un enjeu de confort et de qualité de l'air intérieur du logement^[3].

II.2.4.Conséquences de l'isolation thermique :

Une mauvaise isolation de sa maison peut engendrer de lourdes conséquences. Cela part de votre confort intérieur jusqu'à la dégradation des appareils de chauffage, en passant par une dépense excessive et la santé de tous les résidents^[4].

➤ Des factures énergétiques élevées

La solution d'isolation parfaite pour une maison n'existe pas. Néanmoins, lorsque le système d'isolation est défaillant, il cause une déperdition importante de chaleur vers l'extérieur. Les fuites peuvent concerner jusqu'à 75% de la chaleur qui provient des appareils de chauffage. La chaleur fuit au travers des murs, des fenêtres, du plancher et aussi des combles. Si l'installation d'une isolation de maison peut réduire la facture énergétique d'un tiers, une défaillance peut alourdir les dépenses de manière conséquente. De plus, l'intérieur devient inconfortable en raison d'une humidité excessive^[4].

➤ Un danger pour la santé :

La plupart des troubles de santé liée à des problèmes respiratoires sont causés par un taux d'humidité élevé à l'intérieur d'un logement. Or, l'humidité intérieure est engendrée par une mauvaise ventilation. L'installation d'une bonne isolation dans la maison réduit conséquemment

les risques d'allergie. En plus de garantir un confort intérieur optimal, une bonne isolation garantit une bonne santé toute l'année^[4].

➤ **Une déperdition importante de chaleur :**

L'hiver devient infernal avec une mauvaise isolation. La chaleur se perd plus facilement, notamment par le toit, mais aussi par les murs, les fenêtres et le plafond. L'ambiance à l'intérieur de la maison devient rapidement inconfortable et votre facture énergétique risque de s'élever davantage. De plus, il y a un risque de perdre tous les avantages financiers accordés par l'Etat ^[4]

II.2.5. Renforcement thermique :

➤ **Renforcer l'isolation des combles et du toit**

Les combles et le toit sont souvent responsables de la plus grande partie des pertes de chaleur. Il faut s'assurer que les combles sont correctement isolés en utilisant des matériaux isolants tels que la laine de roche, la laine de verre ou les panneaux de polyuréthane....

On peut également envisager l'installation d'un pare-vapeur pour éviter les problèmes d'humidité ^[5].

➤ **Améliorer l'isolation des murs**

Les combles et le toit sont souvent responsables de la plus grande partie des pertes de chaleur. Il faut s'assurer que les combles sont correctement isolés en utilisant des matériaux isolants tels que la laine de roche, la laine de verre ou les panneaux de polyuréthane. On peut également envisager l'installation d'un pare-vapeur pour éviter les problèmes d'humidité ^[5].

➤ **Remplacer les fenêtres et les portes**

Les fenêtres et les portes mal isolées peuvent entraîner d'importantes déperditions de chaleur. Il faut s'assurer de remplacer les anciennes fenêtres par des modèles à double vitrage avec un coefficient de transmission thermique (U_w) bas. Il faut également que les portes soient bien étanches et munies de joints en caoutchouc^[5].

➤ **Isoler les planchers**

Les planchers mal isolés peuvent entraîner des pertes de chaleur significatives. Il faut s'assurer installer des matériaux isolants tels que des panneaux de polystyrène extrudé ou de la laine de roche ... , sous plancher pour améliorer l'isolation thermique^[5].

➤ **Étanchéfier les fuites d'air**

Les fuites d'air provenant des fenêtres, des portes, des prises électriques et des conduits de ventilation peuvent réduire considérablement l'efficacité énergétique de votre bâtiment. On peut des matériaux d'étanchéité tels que des bandes adhésives, du mastic ou du calfeutrage pour sceller ces fuites^[5].

➤ **Étanchéfier les fissures et les joints**

Il faut s'assurer de sceller les fissures, les trous et les joints autour des fenêtres, des portes, des murs et des plafonds pour éviter les infiltrations d'air indésirables. On peut utiliser des mastics ou des bandes d'étanchéité appropriées^[5].

➤ **Isolation des tuyaux et des canalisations**

Les tuyaux et les canalisations peuvent également contribuer aux pertes de chaleur. Isoler les tuyaux avec des manchons isolants peut aider à prévenir ces pertes et à réduire les besoins en chauffage^[5].

II.2.6. L'isolation par l'intérieure :

L'isolation thermique par l'intérieur consiste à renforcer par l'intérieur, c'est-à-dire du côté de la partie habitable, la résistance thermique des murs extérieurs (façade, pignon), des planchers ou

des cloisons séparant les volumes chauffés des espaces non chauffés, des sous- faces horizontales ou inclinées des charpentes de couverture ^[1].

II.2.7. L'isolation par l'extérieur :

Consiste à installer l'isolant sur la surface extérieure du mur c'est souvent la solution la plus couteuse mais aussi la plus performante, elle constitue la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs et supprime les ponts thermique . Un bon isolant est évidemment un mauvais conducteur de la chaleur en générale les matériaux les plus légers sont de meilleurs isolants plus le matériau est dense plus les atomes sont proches les uns des autres ce qui signifie que le transfert d'énergie d'un atome à un autre est plus facile ^[6].

II.2.8. avantages de l'isolation thermique :

L'isolation thermique offre de nombreux avantages, notamment:

➤ Économied'énergie :

L'isolation thermique efficace réduit la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer ou refroidir un bâtiment. Cela se traduit par des factures énergétiques plus basses et une empreinte carbone réduite^[7].

➤ Confort accru :

Une isolation adéquate crée un environnement intérieur plus confortable en maintenant une température stable et en réduisant les variations de température. Les occupants se sentent mieux dans un espace où ils n'ont pas à lutter contre les variations de chaleur^[7].

➤ Réduction des émissions de CO2 :

Moins d'énergie consommée signifie également moins d'émissions de dioxyde de carbone, ce qui contribue à la lutte contre le changement climatique^[7].

➤ Protection du bâtiment :

Une bonne isolation thermique peut prolonger la durée de vie d'un bâtiment en réduisant les fluctuations de température qui peuvent causer des dommages structurels^[7].

➤ Valorisation immobilière :

Un bâtiment bien isolé peut être un argument de vente important, car il offre un meilleur confort et des économies d'énergie aux futurs propriétaires ou locataires ^[7].

II.3. Classification des matériaux isolants :

La classification des principaux matériaux et éléments de construction utilisés dans le bâtiment s'établit en fonction de quatre critères :

- conductibilité thermique du matériau jusqu'à 100°C,
- masse volumique ;
- compressibilité (déformation relative) ;
- domaine d'emploi recommandé.

Cette classification permet de distinguer dans les matériaux d'isolation thermique 7 groupes^[8] :

II.3.1. Isolants thermiques inorganiques fiables et pulvérulents :

Laine minérale, laine de verre en fil continu, ouate à kaolin, perlite expansée, vermiculite et poudre de diatomite .

II.3.2. Produits en fibre minérale :

panneaux en laine minérale à liant synthétique et à base de bitume, cylindres, semi-cylindres et segments en laine minérale à liant synthétique, matelas de laine minérale piqués et en rouleaux à base de liant synthétique, cordon de laine minérale, panneaux en laine minérale à liant amidon,

Chapitre II : L'isolation Thermique Des Bâtiment

panneaux semi-rigides et matelas de fibres de verre courts, matériaux en rouleaux en fibranne de verre, matelas, bandes et torons en fibre de verre.

II.3.3. Isolants thermique à basse d'amiante :

produits à base de sovélite, de calcaire-silice, de vulcanite, d'amiante-vermiculite, cordon d'amiante, cordon d'amiante velouté et cordon d'amiante-magnésium.

II.3.4. Isolants thermique en perlite :

produits en perlite à base de chaux et de ciment et à base de bitume.

II.3.5. Autre isolants thermiques inorganiques :

produits de mousse diatomique, de diatomite et de tripoli cuits, panneaux d'isolation thermique en béton cellulaire et de blocs en mousse plastique.

Tableau 1 : les avantages et inconvénients

Les avantages	les inconvénients
Incombustibilité.	Un manque de stabilité sur le long terme
Un caractère imputrescible.	Perméabilité à la vapeur d'eau
Une conductivité thermique basse.	Un risque d'irritation

<https://www.biohome.info>

II.3.6. Isolants thermiques en matières organiques :

Panneaux isolants thermiques en tourbes, panneaux isolants en fibre de bois, panneaux en fibrolite à base de ciment portland, panneaux de tiges de roseaux, plaques isolantes de liège naturel.

II.3.7. Isolants thermiques en mousse plastique :

Plaques isolantes en polystyrène expansé, plastique poreux en polyuréthanes, plaques de mousse IIBX.

- Les avantages et les inconvénients des matériaux isolants organiques :

Il y'a deux types :

- Synthétique
- Naturel

➤ Avantages des matériaux isolants organiques synthétiques :

Les matériaux isolants organiques produits selon un procédé synthétique conviennent très bien à l'isolation thermique de votre maison. Ils sont rentables, ont une longue durée de vie et résistent bien à l'humidité et à la pression. Ils peuvent par ailleurs avoir diverses applications^[9].

➤ Inconvénients des matériaux isolants organiques synthétiques :

Les avantages écologiques de ces matériaux sont notamment dus à leurs bonnes propriétés isolantes. Mais ce type d'isolation organique est basé sur le pétrole et n'est donc pas durable. Leur production n'est pas non plus toujours respectueuse de l'environnement : par exemple, des agents gonflants sont utilisés pour la production de mousse de polyuréthane. Leur recyclage est par ailleurs difficile et n'est pas toujours possible. Ils peuvent également brûler plus facilement et dégagent alors des gaz toxiques dans l'environnement^[9].

➤ Avantages des matériaux isolants organiques naturels :

Bon pour votre conscience et pour l'environnement : le processus de production est beaucoup plus écologique que pour les options synthétiques. Les matières premières renouvelables sont produites avec peu d'énergie et transformées dans des formes appropriées sous forme de granulés, de panneaux ou de fibres. Certaines matières premières présentent des propriétés attrayantes, comme la massette, qui résiste aux moisissures grâce aux tanins naturels qu'elle contient. Elle est par ailleurs facile à recycler en respectant le climat^[9].

➤ Inconvénients des matériaux isolants organiques naturels :

Pour mieux protéger les matériaux isolants contre les moisissures, l'humidité ou les incendies, ils sont parfois traités avec d'autres substances. De même, les spécialistes doivent parfois les soumettre à un traitement chimique contre le pourrissement et les infestations de vermine avant de les utiliser comme matériaux isolants. On a alors recours à des produits hydrophobes comme le bitume, qui ne sont pas très durables. Mais cet inconvénient peut être compensé par le choix de substances plus écologiques, comme les résines naturelles ou les cires^[9].

II.3. Le transfert de chaleur :

Les principes de base de l'isolation thermique se concentrent sur le contrôle du flux de chaleur pour améliorer l'efficacité énergétique et le confort des bâtiments. L'isolation fonctionne en ciblant les trois modes de transfert de chaleur : conduction, convection et rayonnement^[9].

II.3.1. Conduction:

C'est le transfert de chaleur à travers les matériaux. Les matériaux d'isolation sont choisis pour leur faible conductivité thermique, ce qui signifie qu'ils résistent au flux de chaleur, gardant l'air chaud à l'intérieur en hiver et à l'extérieur en été ^[9].

II.3.2. Convection:

Cela implique un transfert de chaleur par le mouvement de l'air. Une isolation efficace réduit le mouvement de l'air au sein de sa structure, minimisant ainsi les pertes ou les gains de chaleur par convection ^[9].

II.3.3. Rayonnement:

La chaleur rayonne de tous les objets. Les matériaux isolants réfléchissants, comme les isolants recouverts d'une feuille d'aluminium, sont utilisés pour réfléchir la chaleur rayonnante, réduisant ainsi le transfert de chaleur ^[9].

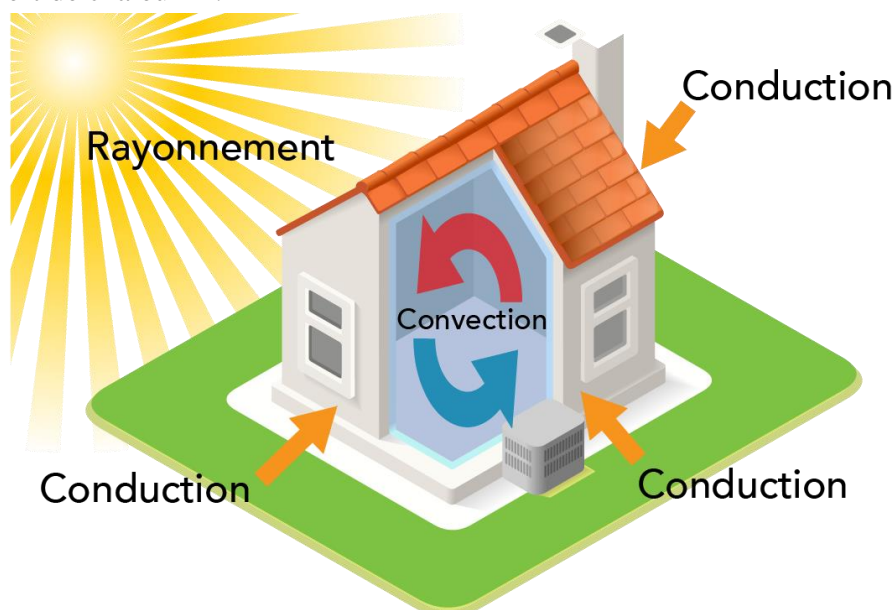


Figure 06 :les mode de transfert de chaleur

<https://parlonsscience.ca/>

II.4. Les caractéristiques pour un isolant thermique :

II.4.1. Conductivité thermique :

Le principal paramètre permettant de caractériser la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur est la conductivité thermique (λ), en W/m.K. C'est une caractéristique intrinsèque au matériau. Une faible conductivité thermique implique une faible transmission de chaleur et donc une forte isolation thermique. Est dit isolant un matériau qui possède une conductivité thermique inférieure à 0,065 W/m.K^[10].

plus (λ) est petit plus le matériaux est isolant

II.4.2. Résistance thermique :

Afin de quantifier la résistance au flux de chaleur pour une épaisseur de matériau donnée, on utilise la résistance thermique (R), exprimée en m².K/W. Ce critère mesure la performance d'un isolant pour une épaisseur donnée. La résistance thermique est liée à la conductivité thermique A et l'épaisseur e par la relation:

$$R_t = e/\lambda$$

Plus cette résistance est importante, plus les pertes de chaleur à travers une paroi seront faibles^[10].

II.4.3. Coefficient de résistance à la vapeur D'eau :

Indique l'épaisseur d'une couche d'air dont la perméabilité à la diffusion est équivalente à la couche d'un mètre du matériau considéré. Plus μ est grand, moins le matériau est perméable. Plus un matériau est perméable, plus il permet un transfert de vapeur^[11].

II.4.4. La transmission calorifique d'une paroi

Coefficient de transmission thermique d'une paroi est la quantité de chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi.

Le coefficient de transmission thermique est l'inverse de la résistance thermique totale (R_T) de la paroi.

$$K = 1 / R_T$$

K s'exprime en W/m²K

Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée^[12].

II.5. les déperditions thermiques

➤ Letoit

La chaleur monte, donc le toit est la principale source de déperdition thermique d'une maison. Environ 30% de la chaleur domestique s'y échappe notamment à cause des combles peu ou pas isolés^[13].

➤ Les murs

C'est par là que près de 20% de la chaleur quitte le logement. Déperdition de chaleur causée principalement par une isolation insuffisante à l'extérieur^[13].

➤ Les fenêtres et les portes

et plus précisément les joints et les vitrages laissent s'échapper 15% de la chaleur^[13].

➤ Les planchers bas

représentent 10% du total des déperditions énergétiques d'une maison. Mal isolé, le sol est conducteur de froid et génère de l'inconfort^[13].

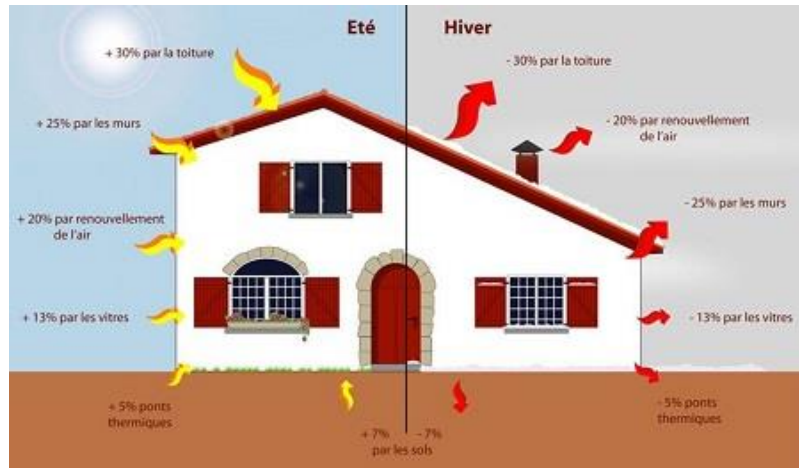


Figure 07 :déperditions thermique

<https://conseillerindependantenergie.fr/>

II.5.1.la déperdition thermique d'une paroi

On parle de déperdition thermique lorsqu'un bâtiment subit des pertes en chaleur, le plus souvent par ses parois (murs et toit). Ces pertes thermiques sont généralement liées à une isolation insuffisante ou un problème de renouvellement d'air dans le logement ^[14].

II.5.2.les points des déperditions

Les déperditions thermiques représentent les pertes de chaleur subies dans un bien immobilier (passoires thermiques). Il s'agit plus précisément de zone de rupture « ponts thermiques » qui sont souvent causés par une isolation insuffisante. Il est important de les localiser afin d'augmenter le confort dans les bâtiments.

Les déperditions thermiques d'un logement peuvent venir de différents endroits ^[15] :

- **La toiture** : représente en moyenne 25 à 30% des déperditions.
- **L'air renouvelé et les fuites** : représente en moyenne 20 à 25% des déperditions.
- **Les murs** : représente en moyenne 20 à 25% des déperditions.
- **Les ouvertures** : représente en moyenne 10 à 15% des déperditions.
- **Les planchers bas** : représente en moyenne 7 à 10% des déperditions



Figure 08 :les points des déperditions

<https://deperditiondechaleur/>

II.5.3. Isolation d'une paroi :

Lors choix de l'isolation des parois d'un bâtiment de manière générale deux problèmes se posent : tout d'abord la continuité de l'isolation qui doit être assuré pour une isolation maximale et ainsi éviter des ponts thermiques supplémentaires puis il y a l'inertie thermique qui peut être un atout non négligeable et qu'il faut savoir utiliser afin de pouvoir optimiser la capacité du bâtiment à emmagasiner et restituer de la chaleur ^[16].

II.6. L'isolation thermique en Algérie :

II.6.1. La réglementation thermique algérienne :

Depuis plusieurs années, le gouvernement algérien mène une politique d'amélioration de la gestion des ressources énergétiques. Cette politique se décline à travers la loi N°99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie et de ses textes d'application, en autres le décret exécutif N°2000- 90 du 24 avril 2000 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs.

En 1999, le Ministère du Logement et de l'Urbanisme élabore le premier code énergétique algérien du bâtiment. Ce document qui se présente sous forme de deux fascicules: un pour l'hiver DTR C3.2 et un deuxième pour l'été DTR C3.4 avait pour objectif de réduire la consommation énergétique destinée au chauffage de 20% à 30% Plus de 16 années après une version révisée de cette réglementation est élaborée, avec comme principales modifications:

- Rassemblement des deux fascicules en un seul document;
- Renforcement des exigences;
- Définition d'un nouveau zonage

La réglementation thermique algérienne actuellement en vigueur est le DTR C3.2/4 la vérification de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de cette nouvelle réglementation doit se faire pour la période d'hiver et pour la période d'été séparément ^[17].

➤ Objectif du DTR pour le thermique :

Le présent Document Technique Réglementaire (DTR) a pour objet de fixer les méthodes de : détermination des déperditions calorifiques des bâtiments; vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique; dimensionnement des installations de chauffage des bâtiments; on introduit alors la notion de déperditions calorifiques de "base" - conception thermique des bâtiments.

Le présent DTR s'applique exclusivement aux bâtiments à usage d'habitation ^[18].

➤ Les Articles :

- ARTICLE 01 : Est approuvé le document technique réglementaire D.T.R C.3-2 intitulé "réglementation thermique du bâtiment " Règles de calcul des déperditions calorifiques" annexé à l'original du présent arrêté.
- ARTICLE 02 - Le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB), est chargé de l'édition et de la diffusion du présent document technique réglementaire.
- ARTICLE 03 : Le présent arrêté sera publié au Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et populaire.

II.6.2. Vérification d'hiver (DTR C3-2):

Le DTR stipule que pendant la période de chauffage, les déperditions calorifiques par transmission à travers les parois doivent être inférieures à une valeur de référence.

$$D_T \leq 51.05 D_{ref}$$

$$D_{ref} = a.S_1 + b.S_2 + c.S_3 + d.S_4 + e.S_5$$

a, b, c, d, e représentent les coefficients de transmission thermique des différentes parois (respectivement le toit, le plancher, les murs, porte et fenêtres). S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 ; représentent la surface de ces parois ^[17].

II.6.3.Vérification d'été (DTR C3-4):

Pour la période d'été, les apports de chaleur à travers les parois opaques (APO) et vitrées (AV) calculés à 15 h du mois de Juillet (considéré comme le mois le plus chaud de l'année) doivent être inférieurs à une limite appelée 'Apport de Référence (Aréf).^[17]

$$Apo (15h) + Av (15h) \leq 1.05 Aréf$$

II.6.4. L'inertie thermique:

L'inertie thermique d'un bâtiment est sa capacité à emmagasiner puis à restituer la chaleur de manière diffuse. Elle permet d'obtenir un déphasage thermique par rapport aux températures extérieures. Un bâtiment à forte inertie thermique équilibrera sa température en accumulant le jour la chaleur qu'il restituera la nuit pour assurer une température moyenne.

L'inertie thermique dépend de la constitution de l'enveloppe et du poids des planchers et des murs intérieurs qui se trouvent en contact plus ou moins direct avec l'air intérieur. Les revêtements minces en PVC ou en carrelages n'empêchent pratiquement pas ce contact, car ils n'ont pas de capacité d'isolation thermique. En revanche, à cause de leur capacité d'isolation, une moquette épaisse ou un faux plafond empêchent le flux entre l'ambiance intérieure et les murs ou les planchers.

II.6.5.Effet de l'inertie:

D'une manière générale, l'inertie lourde permet de:

Réduire les surchauffes en été, et d'éviter ou de diminuer de ce fait les besoins de refroidissement.

- Bénéficier des apports solaires en hiver, surtout dans le cas d'un usage continu (logement, hôpital)

L'inertie légère en revanche, couplée à une bonne programmation, procure des économies d'énergie dans le cas d'un usage intermittent ^[19].

II.7. Conclusion :

La conclusion sur l'isolation thermique est que c'est un élément crucial pour maintenir la température confortable à l'intérieur des bâtiments et pour réduire la consommation d'énergie. Une bonne isolation thermique permet non seulement de protéger les bâtiments contre les variations extrêmes de température, mais aussi de réaliser des économies d'énergie significatives. Il est essentiel de maintenir une isolation thermique de haute qualité pour assurer le confort des occupants et la durabilité des bâtiments, en plus de contribuer à la préservation de l'environnement en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

Bibliographie :

- [1] : <https://www.rueduverre.com/definitions/isolation-thermique.html>
- [2] : <https://www.lenergiesoutcompris.fr/actualites-conseils/isolation-thermique-qu-est-ce-que-c-est-48620#:~:text=L%20isolation%20thermique%20a%20pour,ainsi%20que%20les%20murs%20ext%C3%A9rieurs.>
- [3] : <https://www.toutsurlisolation.com/diagnostic-humidite-et-condensation-danslhabitat#:~:text=En%20effet%2C%20pour%20le%20confort,l%20air%20int%C3%A9rieur%20du%20logement.>
- [4] : <https://www.cei56.fr/actualites/consequences-dune-mauvaises-isolation#:~:text=Une%20mauvaise%20isolation%20peut%20engendrer,%C3%A9viter%20de%20nos%20nombreux%20d%C3%A9sastres.>
- [5] : <https://espaceacoustique.ca/comment-ameliorer-isolation-thermique-de-mon-batiment/>
- [6] : Mazari, M. Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public/Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi ousou). Mémoire de Magistère, Université Mouloud Mammari, Tizi Ouzou. 2012.
- [7] : <https://fr.linkedin.com/pulse/limportance-de-lisolation-thermique-dans-le-bâtiment-économie-wx52e>
- [8] : A. Komar. Matériaux et Éléments de construction. maison d'édition de l'enseignement supérieur mocka. 1978. p418.
- [9] : <https://www.myky.ch/fr/facades/materiaux-isolants-organiques/#:~:text=Avantages%20des%20mat%C3%A9riaux%20isolants%20organiques,humidité%20et%20%C3%A0%20la%20pression.>
- [10] : <https://sunparadise.com/fr-fr/benefits-of-thermal-insulation/>
- [11] : <https://enersens.eu/wp-content/uploads/2020/07/Lisolation-thermique-du-bâtiment-Enersens-2016.pdf>
- [12] : http://doctechno.free.fr/IMG/pdf/EDF_Guide_isolation_thermique.pdf.
- [13] : Énergie+, Architecture et Climat, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI), Université catholique de Louvain (Belgique), Département de l'Energie et du Bâtiment durable: <http://www.energieplus-lesite.be>. consulté le: 10 juin 2013.
- [14] : https://www.cder.dz/download/Art20-4_5.pdf
- [15] : <https://re-2020.tech/deperdition-thermique-comment-les-localiser>
- [16] : <https://www.dgexpertise.ch/2023/05/09/deperdition-thermique-on-fait-le-point/>
- [17] : <https://fr.scribd.com/document/492789888/Rapport-P6-2017-39>
- [18] : https://www.cder.dz/download/Art20-4_5.pdf
- [19] : https://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/bougriou_cherif/files/dtr_c3-2_deperditions_calorifiques_2.pdf?m=1621200141
- [20] : https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/3723/1/ANCER.Hadjer_BEKKO.UR.Kenza.pdf

Chapitre III : Les Matériaux d'isolation

III.1.Introduction :

Les matériaux isolants sont utilisés pour réduire la transmission de chaleur, de son ou d'électricité entre les milieux ayant des températures différentes. Ils sont largement utilisés dans la construction pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments en réduisant les pertes de chaleur. Les matériaux isolants peuvent être classés en fonction de leur composition, de leurs propriétés thermiques et de leur application spécifique. Ils jouent un rôle essentiel dans la création de conditions de confort thermique à l'intérieur des bâtiments et dans la préservation de l'énergie.

III.2. Les Différents types d'isolants :

Les isolants thermiques sont regroupés dans quatre grandes catégories selon leur origine. Les quatre types d'isolants sont : isolants naturels, isolants minéraux, isolants synthétiques et isolants nouvelle génération. Chaque famille d'isolants a des propriétés particulières en fonction de leur utilisation pour l'isolation d'un bâtiment ^[1].

III.2.1.Les isolants synthétiques :

Les isolants synthétiques sont issus de la chimie du pétrole et du chlore, ils sont produits à partir de matières non renouvelables, selon des procédés de fabrication très consommateurs d'énergie. Ces isolants sont très nocifs à l'environnement puisqu'en effet, ils contiennent des substances qui appauvrissent la couche d'ozone et libèrent des gaz toxiques et mortels en cas d'incendie. Par conséquent, des substituts commencent à être développés et commercialisés, ceux-ci étant constitués de matériaux recyclés. Malgré leurs propriétés peu écologiques, les isolants synthétiques sont les plus utilisés pour isoler les bâtiments puisque ce sont d'excellents isolants thermiques ^[1].

Des exemples non exhaustifs seront présentés ci-dessous :

➤ Le polyuréthane :

Ce matériau, qui possède une grande capacité isolante, s'obtient à partir du mélange de deux composants liquides, le polyol et l'isocyanate. Lorsque qu'ils entrent en réaction, ils donnent naissance à la mousse de PU rigide, une structure solide et très résistante. La chaleur produite par cette réaction peut être utilisée pour vaporiser un agent gonflant qui permettra au matériau final d'obtenir un volume plus important que celui des deux composants de départ ^[2].

On peut utiliser la mousse polyuréthane pour isoler les vides entre les murs et la charpente. On peut également l'utiliser dans une toiture en tôle ondulée, si le vent s'engouffre sous la tôle, et de manière générale dans tout interstice où on ne veut pas laisser le vent circuler^[3].

Le polyuréthane est caractérisé par ses propriétés remarquables : bonne résistance mécanique, anti-adhérent, durabilité, élasticité et rugosité constante^[4].



Figure 09: Le polyuréthane
www.sciences.uliege.be

➤ **Le polystyrène expansé :**

La fabrication du polystyrène expansé est effectuée par expansion à la vapeur d'eau des billes de polystyrène pour former un isolant à structure cellulaire fermée et remplie de pentane résultant de l'expansion de la bille. Les billes sont composées de monomère styrène. Le polystyrène expansé peut aussi être utilisé comme emballage alimentaire [5].

Il est parfaitement adapté au doublage des parois planes, telles que les murs, les toitures ou les sous-sols. Il est disponible sous diverses formes [6] :

- **Brut, en plaques** de différentes tailles et épaisseurs pour le doublage des murs intérieurs et extérieurs.
- **En panneaux sandwich**, pour l'isolation des toitures par l'extérieur ou l'intérieur.
- **En panneaux recouverts** d'une pellicule protectrice ou d'un parement pour le doublage des murs intérieurs et le cloisonnement.
- En parpaings ou coffrages perdus isolants pour le béton banché
- **En vrac**, à injecter dans un volume confiné.
- **En agrégat** destiné au béton des chapes légères...

Les propriétés les plus remarquables du polystyrène expansé sont [7] :

- sa faible masse volumique ;
- son pouvoir isolant thermique ;
- ses excellentes propriétés mécaniques (résistance en compression, capacité d'amortissement des chocs) ;
- son insensibilité à l'eau ;
- sa facilité de mise en forme (moulage, découpage)

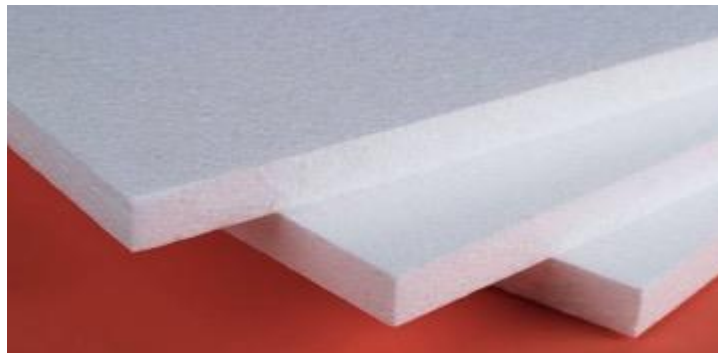


Figure 10 : Le polystyrène expansé
<https://isolation-thermique.org>

➤ Le polystyrène extrudé :

Le polystyrène extrudé est un matériau souvent de couleur bleue utilisé dans le domaine de la construction. Il s'agit d'un isolant thermique qui se présente sous forme de mousse plastique rigide, proposé en plaques de faibles épaisseurs, utilisées en particulier pour l'isolation des chapes dans le domaine de la construction neuve et plus généralement, pour l'isolation extérieure. La pose du polystyrène extrudé est réalisée soit par collage avec du mortier colle, soit par fixation à l'aide de chevilles ou en le positionnant entre des rails^[8].

Le polystyrène extrudé est parfait pour l'isolation des sols. Il faut d'abord poser une bande périphérique le long du mur avant de placer les panneaux sur un plancher bien plat. La surface entière du sol doit être recouverte et tous les interstices doivent être comblés^[9].

Le polystyrène extrudé est davantage performant en matière d'isolation thermique. C'est aussi un matériau résistant, à la durée de vie longue, et facile à mettre en œuvre^[10].

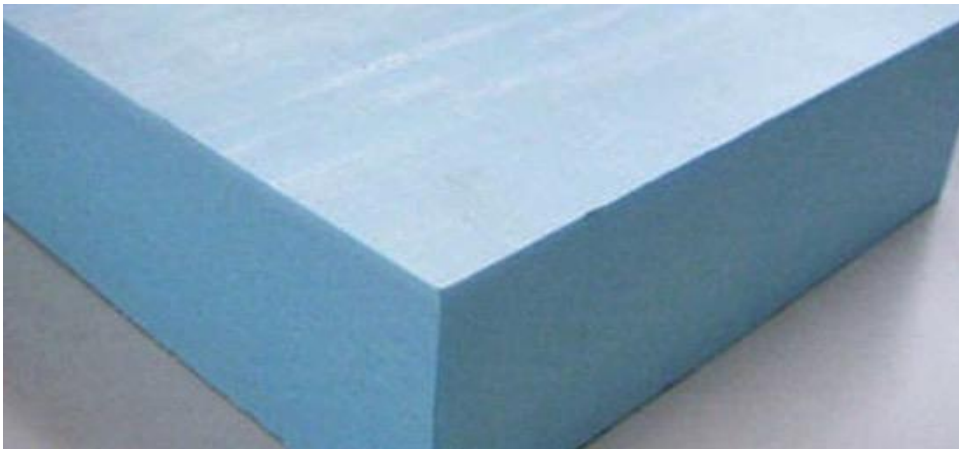


Figure 11: Le polystyrène extrudé
www.lettre-polystyrene.fr

III.2.2. Les isolants minéraux :

Les isolants minéraux sont issus de matières naturelles abondantes telles que les roches volcaniques, le sable ou encore le verre recyclé présents en France et même en Europe. La plupart de ces isolants sont composés de matériaux recyclés. Leur élimination se fait en décharge, ces isolants sont entièrement recyclés, étant considérés comme de la matière inerte. Toutefois, leur fabrication est également très consommatrice d'énergie. Ces isolants sont réputés pour leur résistance au feu et leur longue durée de vie^[1].

Une liste non exhaustif de matériaux sera présenté ci-dessous :

➤ La laine de verre :

elle est fabriquée à partir de sable et de verre recyclé. La laine de verre est appréciée pour son excellent pouvoir isolant, sa légèreté et son prix abordable^[11].

Elle est vendue sous forme de plaque ou de rouleau. Ses fibres enchevêtrées permettent de retenir de l'air immobile, assurant ainsi une bonne isolation thermique^[12].



Figure12 : Laine de verre
www.dubois-isolation.fr

➤ **La laine de roche :**

elle est fabriquée à partir de basalte, une roche volcanique, et est quasiment identique à la laine de verre en termes d'isolation thermique ^[11].

Laine de roche en panneaux rigides ou semi rigides, en rouleaux, en vrac ou en flocons... La laine de roche existe sous différentes formes. Le choix va dépendre de l'endroit à isoler, ainsi que des caractéristiques du logement^[13].

Non conductrice de la chaleur, la laine de roche n'alimente pas l'incendie, limite la propagation des flammes, dégage très peu de fumées. Elle peut résister à une chaleur de plus de 1000 C°. La laine de roche est particulièrement recherchée pour la protection incendie des bâtiments^[14].



Figure13 :laine de roche

<https://images.app.goo.gl/bbdct4W3JdPpSjmx5>

➤ **La perlite expansée :**

isolant obtenu en chauffant de la perlite brute (une roche volcanique), la perlite expansée est souvent utilisée pour isoler les toitures, les murs creux et les systèmes d'isolation par l'extérieur ^[11].

Ce matériau se montre également pratique pour l'isolation des planchers, des cloisons, des combles et des parties creuses difficiles d'accès^[15].

Légèreté, Excellentes propriétés d'isolation thermique et phonique, Elasticité ,Résistance au feu, Stabilité thermique^[16].



Figure14 : La perlite expansée

:<https://images.app.goo.gl/7UcWkXnV9pnAypaM9>

III.2.3. Les isolants naturels :

Les isolants naturels sont issus de matières bio-renouvelables, aussi bien animales que végétales, et produit selon des procédés peu énergivores. Contrairement aux isolants minéraux, la matière première des isolants naturels n'est parfois pas très abondante et elle ne se trouve que dans certaines régions du globe. La majorité de ces isolants peuvent être détruits de manière écologique et sans danger, uniquement par compostage. Pour autant, certains de ces matériaux peuvent contenir du polyester, auquel cas, il faut tout de même faire attention au mode de fabrication avant de les détruire^[1].

Des exemples non exhaustifs seront présentés ci-dessous

➤ **Laine de mouton :**

La laine de mouton est un produit isolant issu de matières premières de nature et de qualité variables. Elle peut être brute ou manufacturée. Dans ce cas, on y ajoute jusqu'à 25 % de fibres synthétiques pour assurer la cohésion des panneaux ou rouleaux. Elle est utilisée pour l'isolation thermique comme pour l'isolation acoustique du bâtiment^[17].

La laine de mouton, lavée ou brute, en vrac ou en rouleaux, peut également servir d'isolant pour la maison dans les murs, les combles, les rampants ou encore pour la toiture. Tout dépend évidemment de la surface et des attentes en termes d'isolation, mais la laine de mouton reste un produit biosourcé avec de belles performances techniques. On peut citer une bonne efficacité thermique, une isolation phonique ou encore une bonne régulation hygroscopique^[18].

En cas d'incendie, la laine de mouton ne propage pas les flammes et ne s'enflamme qu'à 560 degrés si elle est débarrassée de son suint. Le suint empêche notamment la prolifération des mites. Néanmoins, son efficacité disparaissant avec le temps, il conviendra de traiter la laine avec des produits anti-mites pour éviter toutes mauvaises surprises^[19].



Figure15 : laine de mouton
www.lamaisonnature.ch

➤ **La laine de chanvre :**

La laine de chanvre est un matériau issu de fibres naturelles conditionnées sous forme d'isolant en vrac, rouleaux ou panneaux. Elle possède des performances aussi bien en termes d'isolation thermique que d'isolation acoustique. Sa nature majoritairement végétale offre à votre foyer une isolation biosourcé^[20].

La mise en œuvre de l'isolation en chanvre peut se faire de diverses manières, en fonction de la partie du bâtiment à isoler : murs, toiture, planchers. Le chanvre peut être appliqué sous forme de panneaux rigides, de rouleaux flexibles ou encore en vrac pour un soufflage ou un épandage manuel dans les combles^[21].

Grâce à sa résistance naturelle à l'humidité, la laine de chanvre est un très bon choix pour isoler une habitation, été comme hiver^[22].



Figure 16 : Laine de chanvre
www.Lesoleil.com

➤ **Paille :**

La paille est le résidu de la culture des céréales, comme le blé, l'orge ou le riz. C'est donc un matériau qui se renouvelle chaque année et qui est disponible localement, ce qui réduit son impact environnemental^[23].

Pour être utilisée comme isolant naturel, la paille est transformée en bottes ou en panneaux. La technique de compression n'a pas beaucoup changé depuis le 19e siècle : les bottes de paille sont

Chapitre III : Les Matériaux d'isolation

pressées très densément à l'aide de presses mécaniques (90 à 130 kg/m³). Cette compression garantit un taux d'humidité inférieur à 15%, ce qui prévient naturellement la formation de moisissures et l'installation de parasites. Une autre option consiste à utiliser des brins de paille en vrac comme matériau isolant soufflé^[24].



Figure 17 :Paille
www.minco.fr

➤ Plume de canard :

Lorsqu'on parle d'isolant thermique en plumes de canard, cela signifie qu'il est composé d'environ 70% de plumes de canard, 10% de laine de mouton et 20% de fibres synthétiques. Ces composants vont assurer au matériau la consistance et la densité indispensables pour une bonne tenue dans le temps^[25].

La laine à base de plumes de canard peut être utilisée dans les constructions neuves ainsi que pour les travaux de rénovation de bâtiments anciens. Elle se présente sous la forme de rouleaux ou de panneaux^[26].

La plume de canard est perméable à l'humidité, mais garde ses propriétés isolantes une fois sèche. Elle doit être traitée contre les insectes et les champignons et n'est pas faite pour rester apparente. En effet, sensible au feu, elle doit être recouverte d'un parement et de préférence posée dans des lieux éloignés de sources de chaleur trop intenses^[27].



Figure18 :Plume de canard
<https://socialcompare.com>

➤ Laine de coton :

Issue du recyclage des textiles destinés au rebut ou non commercialisables, la laine de coton est composée majoritairement de coton (entre 60 et 70%), d'environ 15% de textiles synthétiques (polyamide, polyester, acrylique) auxquels on ajoute 15 à 20 % de liant sous forme de fibres polyester. Un ingrédient essentiel pour obtenir un produit doux et laineux^[28].

Les matériaux se présentent sous Forme de flocons en vrac, de rouleaux ou de panneaux en feutre^[29]

Fabriquée avec la laine des moutons du pays, elle est d'un excellent rapport qualité prix. Son coefficient d'isolation est très performant. La laine de mouton est traitée anti-mites et autres insectes avec le Konservant, un produit non toxique pour les humains. Elle est lavée au savon et à la soude. Elle ne contient ni polyesters, ni polypropylène, ni aucun adjuvant de synthèse. La laine de mouton en rouleaux est très pratique dans les cas de vieilles charpentes irrégulières. Elle est difficilement inflammable^[30].



Figure 19 :Laine de coton

www.castorama.fr

➤ Liège :

Le liège est issu de l'écorce du chêne liège, un arbre essentiellement cultivé autour du bassin méditerranéen. L'épaisse écorce permet d'utiliser le liège dans denombreuses applications notamment pour la construction et l'isolation écologique Largement employé dans la construction et plus particulièrement dans le domaine de l'isolation, l'isolation liège offre des performances de haute qualité^[31].

Le liège est utilisé sous différentes formes : en vrac, en panneaux ou bien encore en éléments composites préfabriqués^[29].^[1]_{SEP}

Le liège possède des caractéristiques innées et uniques: résistant et léger, isolant thermique et acoustique, imperméable aux liquides, élastique et compressible, résistant au feu et hypoallergénique Mais surtout, le liège est une matière 100% naturelle, renouvelable et biodégradable. Cela fait du liège une matière exceptionnelle^[32].

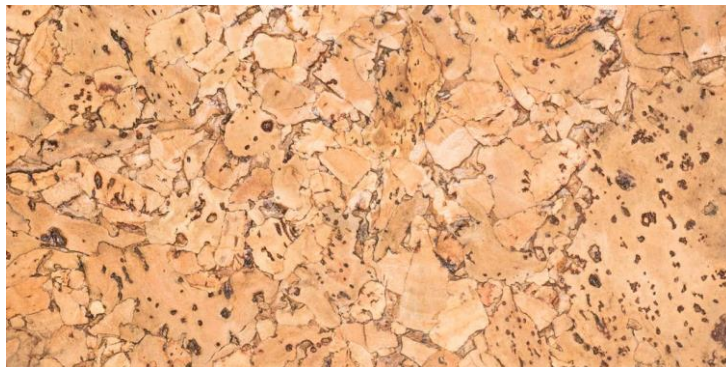


Figure 20 : Liège

www.liegeevasion.com

➤ Laine de bois :

La laine de bois est un isolant respectueux de l'environnement fabriqué à partir de copeaux de bois agglomérés. Les copeaux sont liés avec de l'eau, puis séchés pour former des plaques qui sont ensuite découpées en panneaux faciles à poser, ou proposés en vrac .Il existe notamment des panneaux rigides, des panneaux semi-rigides et de la laine de bois en vrac à souffler^[33].

Le bois comme isolant se présente également sous différentes formes : laine de bois (panneau semi-rigide, en vrac.), panneau de fibres de bois rigides ou encore des fibraglos (fibres de bois avec enrobage de plâtre et ciment)^[29]

La laine de bois a une faible conductivité thermique et il s'agit aussi d'un bon régulateur thermique. Elle a la capacité de conserver la chaleur, à l'intérieur d'un bâtiment, en hiver.La laine de bois garde aussi des températures fraîches en été^[34].



Figure 21 :Laine de bois

www.conseils-thermique.com

III.2.4.Les isolants nouvelle génération :

Les isolants nouvelle génération utilisés dans le neuf, sont pour le moment très peu utilisés. Certains sont très performants et d'autres peu fiables. Ils ont pour objectifs d'être des isolants minces pour être utilisées notamment dans les combles, ou bien beaucoup plus imposants comme le béton cellulaire qui lui sert à la fois de mur porteur et d'isolant^[1].

Une liste non exhaustif de matériaux sera illustrée ci-dessous :

➤ Le béton cellulaire :

Il s'agit d'un matériau de construction essentiellement composé d'eau, de sable, de ciment et de poudre d'aluminium. Il se distingue par la présence de micro-cellules d'air emprisonnées dans sa structure qui lui confèrent de la légèreté et de très bonnes propriétés isolantes . On le trouve sous forme de blocs, de carreaux ou de panneaux^[35].

le béton cellulaire est présenté sous forme de blocs ou de panneaux. C'est pour cette raison qu'on s'en sert pour la construction à la fois d'un mur porteur et d'un isolant. Il est aussi employé pour la construction de cloison ou de plancher^[36].

Qualifié de matériau à « isolation répartie », ce béton est un très bon isolant thermique. Son importante inertie thermique lui permet de réguler naturellement la variation de la température à l'intérieur du bâtiment. Il n'est donc pas nécessaire d'ajouter un isolant à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison^[37].



Figure 22 : Le béton cellulaire
www.jardinage.lemonde.fr

III.3. Les différentes utilisations des isolants :

Les isolants ont tous des propriétés et un rendement qui leur sont propres. Ainsi, ils n'ont donc pas la même utilisation dans l'isolation d'un bâtiment.

Dans un bâtiment, l'isolation du toit est une priorité, puisqu'il s'agit du plus grand impact énergétique d'un bâtiment mal isolé, à savoir 30% des déperditions de chaleur, ensuite, l'isolation des murs représente entre 20 et 25% des pertes énergétiques.

selon, pour une isolation efficace, il faut compter environ 30 cm d'épaisseur d'isolants pour les combles, 20 cm pour les murs et 10 cm pour le sol. Bien évidemment, l'épaisseur est directement liée aux isolants utilisés, à leur performance énergétique, et à leur conductivité thermique. Aussi, il ne s'agit pas d'isoler un mur, par exemple, avec une seule couche de 20 cm d'épaisseur, mais plutôt de faire au minimum deux couches croisées pour plus d'efficacité ^[1].

Chapitre III : Les Matériaux d'isolation

Tableau 02: comparatif isolant

Origine	Isolants	Conditionnement	Utilisation				
			mur	Plancher / comble perdu	rampant	Support de couverture	Sol- sous chape
Isolantssynthétiques	PSE	Panneaux	■	■	■	■	■
Isolants minéraux	Laine de verre	Rouleaux	■	■	■	■	■
	Laine de roche		■	■	■	■	■
Isolants Naturels	laine de bois	Panneaux souples	■	■	■		
		Panneaux denses	■	■	■	■	■
	Liège	vrac	■	■			⊙⊙
		Panneaux	■	■	■	■	■
	Chanvre	Rouleaux	■	■	■		
		Panneaux	■	■	■		
	Laine de mouton	Rouleaux	■	■	■		
		Panneaux	■	■	■		

<https://fr.scribd.com/document/492789888/Rapport-P6-2017-39>

■ : utilisation conseillée

⊙⊙ : utilisation possible en béton allégé

Chapitre III : Les Matériaux d'isolation

III.4. Récapitulatif des caractéristiques des isolants :

Tableau 03 : les caractéristiques principales des différents matériaux isolants

Matériau	masse volumique Kg/m ³	Conductivité thermique W/m.k	Résistance à la vapeur	Résistance thermique Kg/cm ³
Laine de roche	150à175	0,045	1,5	0,7à1,3(*)
Laine de verre	13à60	0,045	1,5	0,2(*)
Verre cellulaire	120à135	0,055	Infini	7à16(**)
Perlite expansée	170	0,060	5à10	3,5(*)
Chanvre	30à50	0,039à0,040	1à2	–
Liege	100à120	0,050	12à28	–
Paille	150	0,040à0,065	–	–
Polystyrène expansé	15à40	0,045	20à150	0,7à3,5(*)
Polystyrène extrudé	32à45	0,040	225	3à7(*)
Polyurethane	30	0,035	100	1,2(*)
Laine de canard	20à40	0,035à0,040	–	–

www.energieplus.com

III.5. Les avantages et les inconvénients du matériau isolants :

Tableau. 04. les avantages et les inconvénients

Types	Isolants	Avantages	inconvénients
Les isolants synthétiques	Le polystyrene expanse	-Coût faible de ce matériau. -Bonne performance thermique -Imputrescible	-Resource non renouvelable. -Non recyclable. -Degradable par les rongeurs .
	Polyuréthane		
Les isolants minéraux	• La laine de verre	Cout faible de ce matériau. - Non consommables par les rongeurs. - imputrescibles	-Resource non renouvelable mais de grande disponibilité. -Matériau qui se tasse dans le temps difficilement recycmable
	la laine de roche		
Les isolants naturels	Le chanvre	-Résistance aux insectes, aux rongeurs et aux champignons. Sans effet négatif sur la sant _{SEP}	-Produit plus onéreux que les laines minérales
	La laine de mouton	- Facile et rapide à poser partout. _{SEP}	- Coût élevé au regard de cette matière première de proximité !
	Laine de coton	-Matériau renouvelable, réutilisable ou compostable.	-Coût plus élevé que les autres isolants naturels
	Le liège	-Matériau renouvelable, naturel, et réutilisable. _{SEP}	- Matériau renouvelable mais de faible disponibilité.
	Laine de bois	- Facilité de pose. _{SEP}	- Coût élevé.

astuce-chauffage-guide-isolation-13.pdf

III.6. Déphasage thermique des isolants

Le déphasage thermique correspond au temps que va mettre la chaleur pour pénétrer dans un bâtiment. Il s'exprime en heure (h).

Concrètement, l'été, la chaleur est absorbée par la face extérieure des murs. Selon le type de matériau isolant cette chaleur va mettre un certain nombre d'heures pour être restituée à l'intérieur et faire augmenter la température dans le logement. Ce décalage dans le temps de la pénétration de la chaleur, s'appelle le déphasage thermique^[14].

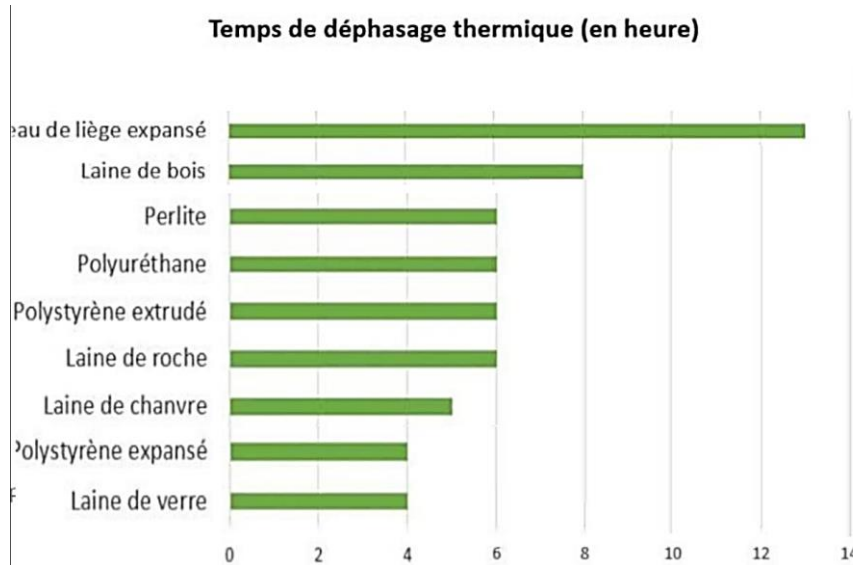


figure 23 : déphasage thermique

www.m.habitat.fr

III.7. Efficacité technique et économique de l'utilisation des matériaux et éléments calorifuges :

Une des manifestations majeures du progrès technique dans le bâtiment est l'utilisation de matériaux calorifuges efficaces. En comparant l'efficacité de différents matériaux calorifuges on peut choisir ceux d'entre eux qui s'avèrent les plus économiques en se référant à la formule :

$$D = D_1 \cdot \lambda$$

où D représente les dépenses rapportées à l'unité de résistance thermique du matériau, en Dinar ;

D_1 , les dépenses rapportées à 1 m³ du matériau calorifuge, en Dinar ;

λ le coefficient de conductibilité thermique, en W/m.C°

Près de 2/3 des matériaux calorifuges produits sont constitués par de la laine minérale et des articles dont elle est le constituant essentiel. Les plus efficaces pour l'industrie du bâtiment sont les articles à base de liant synthétique. La production de laine minérale brute doit être réduite comme étant moins rentable.

Parmi les matériaux calorifuges un rôle important revient aux laine de bois le liège et laine de roche et verre dont la production permet d'utiliser une matière première peu onéreuse. La fabrication de ces plaques doit être augmentée.

La mise en œuvre d'éléments calorifuges préfabriqués: coquilles, cylindres et isolants thermiques du type enduit, remplaçant les mastics calorifuges, est l'une des orientations principales à suivre dans l'industrialisation des travaux d'isolement thermique. Cela permet d'abaisser les dépenses d'installation et de réparation des isolements tout en améliorant leur qualité.

L'utilisation de produits calorifuges industriels finis à la place de l'isolement en mastic réduit les besoins en main-d'œuvre de 35 à 75 %. Le remplacement d'un élément non industriel à

garniture calorifuge en laine minérale par des matelas en laine minérale à base de liant synthétique se solde par une réduction des frais totaux en moyenne de 15 à 35 %, tandis que l'industrialisation de l'isolement de haute température (produits en sovélite, en volcanite) aboutit à une économie encore plus grande.

Le prix des constructions d'isolement et la main-d'œuvre exigée pour leur montage sont essentiellement fonction du niveau de mécanisation des processus technologiques ainsi que de l'organisation des travaux. L'extension prise actuellement par la méthode consistant à isoler préalablement l'équipement technologique avant sa mise en place réduit les durées de construction, accroît la productivité du travail de 1,3 à 1,5 fois, améliore la qualité des travaux et diminue le coût de l'isolement en moyenne de 10 à 15 %^[39].

III.8. Les matériaux isolants utilisés en Algérie :

III.8.1. polystyrène expansé :

Il est réalisé à l'usine de SONATRACH à EL -ANNASER- Alger, dans la variante moulée en blocs.

Le polystyrène c'est un matériau alvéolaire rigide, peu dense, dont les principales utilisations sont l'isolation thermique des bâtiments et l'emballage des produits industriels ou alimentaires.

Les billes de polystyrène l'expansion est arrêtée lors que granulométrie souhaitée est atteinte et parfaitement sphérique, une structure alvéolaire et une enveloppe constituée de deux membranes, ceci explique son extrême légèreté et imperméabilité à l'eau, les propriétés remarquables du polystyrène sont notamment :

- Sa faible masse volumique située généralement, suivant les applications, entre 10 et 30 kg/m³,
- Son pouvoir isolant thermique,^{[L]_{SÉP}}
- Ses excellentes propriétés mécaniques (résistance en compression, capacité d'amortissement des chocs),^{[L]_{SÉP}}
- Son insensibilité de mise en forme (moulage, découpage, ...).

Le styrène importés dans des moules spéciaux métallique, et paramètre données (pression, température, etc..) et la fabrication s'effectue en trois temps :

- la pré expansion, des granulats de styrène sous l'action de la vapeur d'eau^{[L]_{SÉP}}
- le mûrissement ou stabilisation des perles expansion^{[L]_{SÉP}}
- le moulage des perles expansion en bloc, qui provoque une nouvelle expansion^{[L]_{SÉP}} de perles se soudent entre elles^{[L]_{SÉP}}

Le polystyrène expansé ne présente aucune réaction chimique au contact des matériaux de construction traditionnels (ciment, plâtre, etc...) et insensible { l'eau, solution salines, solution aqueuses, est imputrescible et ne pas naturellement un milieu nutritif, mais n'a pas une bonne résistance au feu il doit toujours être protégé des matériaux, les dimensions des panneaux suivantes : 2000 ; 2500 ; 3000* 1000 mm les épaisseurs à la commande.

Le polystyrène expansé s'utilise dans les bâtiments comme isolation thermique

- **Isolation des murs:**^{[L]_{SÉP}}
 - Isolation intérieure entre mur et contre murette
 - Isolation intégrée dans les éléments préfabriqués lourds
 - Isolation par l'extérieur
 - Isolation des toitures (plates et inclinées)
 - Isolation du sol^[40]

III.8.2: le liège expansé:

Le liège est le produit de la récolte de l'écorce du chêne-liège qui pousse dans les régions méditerranéennes. Les principaux producteurs sont le Portugal, l'Espagne et le Maroc, ce matériau est fabriqué à Jijel à la Société Nationale des industries des lièges et du bois et compose en plusieurs couches la première couche l'écorce appelé « mâle » a une dure irrégulière et est réservée { l'isolation et autre couches appelées « femelles » sont utilisées pour fabrication débouchons ou de revêtement sols. [14]

Le liège utilisé brut (liège blanc), le liège expansé noir après l'avoir réduit en granules, il est passé à la vapeur en four autoclave (300 C°) sans aucun additif, souvent de couleur s'agglomèrent de la température, le liège naturel (blanc) sert réalisation remplissage isolant en vrac on de béton, il confère un certain pouvoir d'isolation thermique et phonique, et la confection de panneaux qui pourront servir de dalles de sol et revêtements muraux permettant d'obtenir un effet de confort et de chaleur .

Le liège noir le même utilisé le liège blanc, mais un meilleur pouvoir isolant que la liège blanc est grand qualité de résistance et d'insensibilité à l'humidité qui le destine { des environnement difficiles, le liège aggloméré expansé pur est constitué de granules calibrés et débarrassés d'impuretés soumis à la fois , à la chaleur de vapeur sèche portée à 180 C° ou 200 C° et une compression atteignant 10 à 12kg/cm².

Le matériau et bonne tenue d'eau et du point de vue comportement au feu il se consume en présence d'une flamme mais s'éteint de lui même en air calmé, et ne propage par la flamme et se présente en panneaux, les dimensions de produit 50 × 100cm et l'épaisseur varient 2 à 20cm^[40].

III.8.3: béton cellulaire autoclave :

Les matériaux de construction peuvent être classés en deux catégories, les matériaux traditionnels d'origine naturelle telle que la pierre, la terre crue, le bois, et les matériaux modernes composites dont le plus utilisé est le béton, les produit de béton cellulaire autoclave se fabriquent dans l'usine de S. N. M. C. C'est un matériau hétérogène multiphasique constitué d'un mélange de granulats et d'une pâte, elle-même constituée { partir de ciment et d'eau. Chaque constituant joue un rôle bien défini, celui de liant hydraulique pour la pâte de ciment, et celui de remplissage atténuateur de variations volumiques (retrait) et source de résistance pour les granulats.

Le béton cellulaire autoclave est un matériau silicocalcaire obtenu { l'autoclave d'un mélange de sable siliceux, de chaux et de ciment, et du dégagement gazeux (addition, ou moment du gâchage, de poudre d'aluminium).

La poudre d'aluminium adjuvants la pâte extraite du malaxeur et du dégagement gazeux provoque par la réalisation de pâte est découpée au fil pour former des blocs et des dalles armées de dimensions souhaitées, les produits en sont armées (dalles de toiture, de plancher, du mur, etc....), non armée (parpaings, carreaux d'isolation),

En béton cellulaire autoclave résistance au feu des produit armée, non armée, de profondeur de l'enrobage armatures et de l'épaisseur du produit ^[40].

III.9. Les paramètres de calculs économiques de l'isolation :

Il existe quelques facteurs et/ou paramètres technico-économiques qui doivent être pris en considération afin d'évaluer l'étude économique de l'isolation, à savoir : le coût de l'isolant, sa durée de vie et le coût de l'énergie^[41].

III.9.1. Le coût de l'isolant :

Il est évident que le prix de l'isolant est un facteur important qui entre en jeu dans l'investissement et le calcul économique d'un projet d'études d'isolation thermique. En dehors de toutes considérations techniques, on a tendance à s'intéresser aux prix des isolants dans le but d'économiser les dépenses occasionnées par l'isolation. Généralement, le coût de l'isolant est calculé pour le prix du m'. Pour une paroi considérée, le coût de l'isolant relatif à une durée de vie de l'isolation estimée à «tv ans », le cout annuel attribue à l'isolant est donc donné par la relation [Ballot and Duminil (1981)] suivante^[41]:

$$C_{\text{Isol,annuell e}} = e_{\text{is}} S C_m / \tau_v$$

Avec :

C_m : prix du m³ de l'isolant en Dinars Algérien (DA).

τ_v : Durée de vie de l'isolant en années.

S : surface en m².

III.9.2. Epaisseur de l'isolant :

Il existe plusieurs formules et méthodes proposées par beaucoup d'auteurs pour estimer l'épaisseur de l'isolant. Certaines méthodes sont en fonction de quelques paramètres alors que d'autres utilisent un grand nombre de paramètres. Dans notre étude, nous nous limiterons à aborder la méthode de calcul qui découle directement de la loi de Fourier^[41].

$$q = -S \cdot k \cdot \Delta T$$

q : flux de chaleur (w/m²)

K : coefficient de transmission thermique (w/m²k)

S : surface (m²)

ΔT : la température

III.9.3. La durée de vie de l'isolant :

La durée de vie de l'isolant constitue un facteur principal pour estimer l'amortissement de l'isolation ainsi que la construction entière. La durée de vie est variable suivant l'isolant; elle peut varier en fonction des défauts de fabrication, des imperfections de pose, des conditions d'utilisation (compatibilité des matériaux, températures d'utilisations, etc.), et des matières premières de fabrication. Dans de bonnes conditions d'utilisation, un bon isolant garde son pouvoir isolant, son efficacité thermique et ses performances techniques jusqu'à quinze ans^[41].

III.10. Conclusion :

Il est essentiel de considérer plusieurs aspects. D'abord, l'efficacité thermique est cruciale pour réduire la perte de chaleur ou de froid dans un bâtiment, ce qui contribue à des économies d'énergie. Ensuite, la durabilité et la résistance à l'humidité sont des facteurs importants pour assurer la longévité et l'efficacité continue de l'isolation. De plus, la facilité d'installation et le coût peuvent également influencer le choix du matériau d'isolation adapté à chaque projet. Enfin, l'impact environnemental doit être pris en compte, en favorisant des matériaux écologiques et recyclables autant que possible.

Bibliographie :

- [1] : <https://fr.scribd.com/document/492789888/Rapport-P6-2017-39>
- [2] : https://blog.synthesia.com/fr/composants-du-polyurethane-a-mouler-choix-des-materiaux?hs_amp=true
- [3] <https://www.cdecomania.com/blog/74-tout-savoir-sur-la-mousse-expansive.html#:~:text=On%20peut%20utiliser%20la%20mousse,pas%20laisser%20le%20vent%20circuler.>
- [4] : <https://www.enri.fr/polyurethane-tout-ce-que-vous-devez-savoir-sur-ce-matériau/#:~:text=Propriétés%20et%20avantages%20des%20polyuréthanes,durabilité%2C%20élasticité%20et%20rugosité%20constante.>
- [5] : (<https://www.toutsurlisolation.com>, consulté le
- [6] : <https://bricoleurpro.ouest-france.fr/dossier-874-polystyrene.html#:~:text=Utilisation%20du%20Polystyrène%20expansé&text=Il%20est%20parfaitement%20adapté%20au,des%20murs%20intérieurs%20et%20extérieurs.>
- [7] : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/matieres-thermoplastiques-monographies-42147210/polystyrene-expanse-ou-pse-am3341/>
- [8] : (<https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2430-polystyrene-extrude-isolant-thermique.html>)
- [9] : <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/isolation-thermique/les-isolants-eskmz/polystyrene-extrude>
- [10] : https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2430-polystyrene-extrude-isolant-thermique.html#google_vignette
- [11] : <https://www.batiweb.com/actualites/vie-pratique/isolation-thermique-quelle-famille-d-isolant-choisir-42776>
- [12] : <https://isolation.pagesjaunes.fr/fiche/voir/667411/reussir-la-pose-de-laine-de-verre>
- [13] : <https://www.qualitel.org/particuliers/isolation/laine-de-roche/>
- [14] : <https://www.filmm.org/laine-minerale/laine-de-roche-minerale#:~:text=Incombustible%20D%20Non%20conductrice%20de%20la,la%20protection%20incendie%20des%20bâtiments.>
- [15] : <https://www.renovationtravaux.fr/perlite-expansée-en-isolation#:~:text=La%20perlite%20expansée%20pour%20isoler%20les%20murs%20et%20les%20planchers&text=Ce%20matériau%20se%20montre%20également,dans%20la%20partie%20à%20isoler.>
- [16] : <https://www.imerys.com/fr/mineraux/perlite>
- [17] : <https://www.toutsurlisolation.com/laine-de-mouton>
- [19] : <https://www.segardmasurel.com/utilisations-de-la-laine-de-mouton/>
- [20] : <https://www.toutsurlisolation.com/isolation-chanvre>
- [21] : <https://www.toutsurlisolation.com/isolation-chanvre#:~:text=La%20mise%20en%20œuvre%20de,épandage%20manuel%20dans%20les%20combles.>
- [22] : <https://www.isolation-info.fr/materiaux-isolants/laine-de-chanvre>
- [23] : (<https://travaux.eco/renovation-ecologique/materiaux-biosources/paille/>)
- [24] : [https://www.jungheinrich-profishop.fr/fr/guide-pro/isolation-paille/#:~:text=Pour%20être%20utilisée%20comme%20isolant,à%20130%20kg%20Fm3\).](https://www.jungheinrich-profishop.fr/fr/guide-pro/isolation-paille/#:~:text=Pour%20être%20utilisée%20comme%20isolant,à%20130%20kg%20Fm3).)
- [25] : (<https://www.bien-isoler-ma-maison.fr/isolation-matériau-plumes-de-canard/>)
- [26] : <https://www.samse.fr/isolation-naturelle/plumes-de-canard>

Chapitre III : Les Matériaux d'isolation

- [27] : https://www.enerpatsudoe.fr/wp-content/uploads/2019/02/37_pdfsam_fiche-vf-finalisce-1.pdf
- [28] : (<https://www.toutsurlisolation.com/laine-de-coton>)
- [29] : ([astuce-chauffage-guide-isolation-13.pdf](#))
- [30] : https://www.enerpatsudoe.fr/wp-content/uploads/2019/02/35_pdfsam_fiche-vf-finalisce-1.pdf
- [31] : (<https://www.kenzai.fr/conseils/le-liege-isolant-naturel-et-performant-n98>)
- [32] : <https://corkup.fr/le-liege-fabrication-caracteristiques/#:~:text=Le%20liège%20possède%20des%20caractéristiques,%25%20naturelle%2C%20renouvelable%20et%20biodégradable.>
- [33] : (<https://www.lenergiesoutcompris.fr/isolation/isolant/laine-de-bois>)
- [34] : <https://materiaux-namur.com/magazine/457/déphasage-thermique-laine-de-bois#:~:text=Les%20caractéristiques%20de%20la%20laine,des%20températures%20fraîches%20en%20été.>
- [35] : (<https://www.lefigaro.fr/maison/qu-est-ce-que-le-beton-cellulaire-20240402#le-beton-cellulaire-definition>)
- [36] : <https://maconnerie.bilp.fr/guide-general/part-1-generalites/materiel-materiaux/beton/article/le-beton-cellulaire>
- [37] : <https://je-construis.co/beton/types-de-beton/beton-cellulaire/>
- [38] : (https://www.m-habitat.fr/isolation/materiaux-isolants/dephasage-thermique-des-isolants-5013_A)
- [39] : A.Komar.Matériaux et Éléments de construction.maison d'édition de l'enseignement supérieur mocka.1978.p436-437.
- [40] : <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/5330/1/BENSEGHIRA-Elmouatez-Billah.PDF>
- [41] : <http://thesis.univ-biskra.dz/3947/1/Memoire.pdf>

Chapitre IV : Etude de cas existant

IV.1.Introduction :

Le confort thermique dans les bâtiments est une composante essentielle du bien-être des occupants. En effet, il influence non seulement la qualité de vie et la productivité, mais également la consommation énergétique. Ce chapitre se propose d'explorer divers cas d'étude relatifs au confort thermique, en mettant en lumière les solutions et technologies actuelles employées pour optimiser la température intérieure des bâtiments.

L'objectif principal de ce chapitre est d'améliorer le confort thermique dans le département de génie civil, en tenant compte des spécificités climatiques, des matériaux d'isolation et des systèmes de chauffage et de refroidissement. Nous examinerons également les normes et réglementations en vigueur, ainsi que les innovations récentes dans le domaine.

À travers l'étude d'un échantillon qui se représente dans la salle 11 et qui est pris comme cas d'étude, nous chercherons à comprendre comment les choix en matière de conception et de matériaux influencent le confort thermique et l'efficacité énergétique d'un bâtiment recevant des usagers spécifiques qui sont des étudiants, pendant une durée assez importante.

Nous tenterons de faire face à certains défis tels que la compréhension et la maîtrise du confort thermique dans une salle fréquentée régulièrement pendant notre parcours d'étude en Master équipement de l'habitat.

Ce chapitre vise à fournir une compréhension approfondie des stratégies d'optimisation du confort thermique, tout en offrant des recommandations pratiques pour assurer un minimum de confort thermique.

IV.2.Présentation de la wilaya de Skikda

IV.2.1.La situation de Skikda :

➤ Localisation géographique de Skikda :

La wilaya de Skikda se situe dans le nord-est de l'Algérie. Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Annaba, à l'ouest par la wilaya de Jijel, au sud par les wilayas de Constantine et Guelma, et par la wilaya de Mila au sud-ouest. Elle s'étend de la latitude 36°5 N à 36°15 N et de longitude 7°15 E à 7°30 E. Elle couvre une superficie totale de 4137,68 km² et sa frange littorale s'étale sur 142 Km, soit 12 % du littoral algérien (Ben Ali, 2014)^[1].

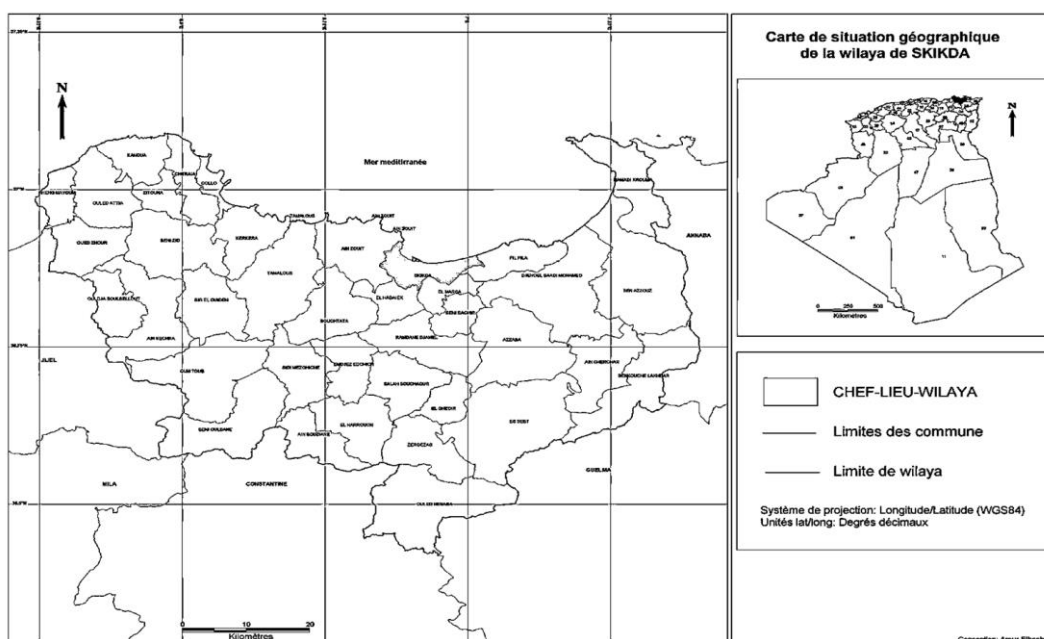


Figure 24 : Situation géographique de la wilaya de SKIKDA

<https://images.app.goo.gl/QhNM3xM2oRBNfV5w5>

➤ topographie :

Le relief est très accidenté sur la frange littorale et dans les massifs de COLLO, AZZABA et la MARSA

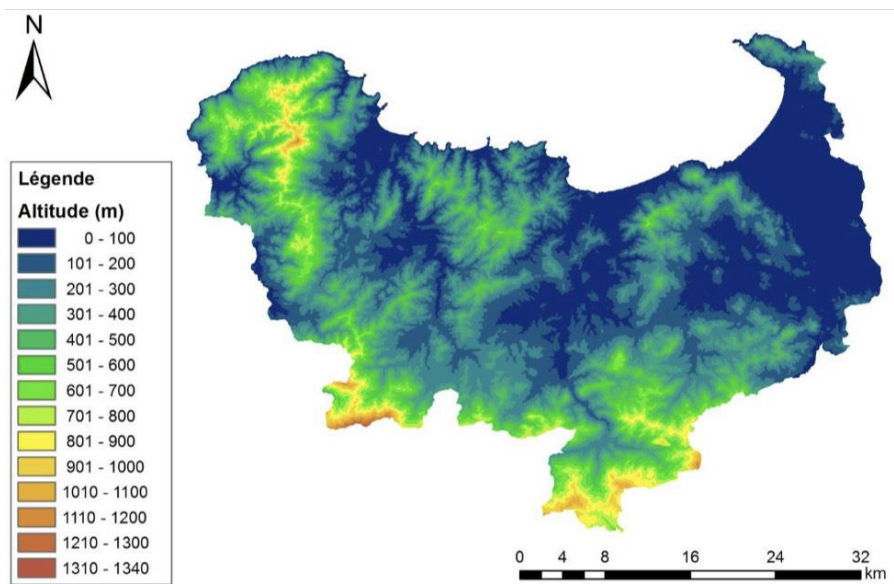


Figure 25 : carte des altitudes de la wilaya de SKIKDA

<https://images.app.goo.gl/JPWZosZxaBLzxhve7>

On rencontre différentes classes de pentes :

- Les pentes faibles (0 à 3%) occupent les plaines de l'ouest, notamment la plaine de Benazzouz et un petit bout de la ville de Skikda et sa plaine côtière. Elles occupent 9% du territoire.
- Les pentes moyennes (3 à 12%) représentent 23% du territoire.
- Les pentes fortes (12% et plus) occupent 68% de la superficie totale de la wilaya, c'est la zone des hauts piémonts de montagnes (Boukerzaza in Amieur, 2005).

On distingue trois types de zones topographiques : les montagnes, les plaines et les piémonts^[2].

IV.2.2. Etude climatique :

La région de Skikda est dominée par un climat de type méditerranéen caractérisé par deux saisons : - Un hiver doux et pluvieux, avec des températures de l'ordre de 12,74 °C à 15,45 °C et une température minimale de 10,2 °C - Un été chaud et sec avec des températures moyennes de l'ordre de 23,14 °C à 26,32 °C avec un pic de 29,2 °C. La saison pluvieuse s'étend du mois d'octobre au mois de mars, et la saison sèche commence à partir du mois d'avril et se termine au mois de septembre. Le littoral de la wilaya est fortement arrosé, en particulier la région Ouest du massif de Collo (entre 700 mm et 1200mm d'eau par an)^[3]

• Températures :

La température moyenne annuelle de la ville de Skikda est de 17,91° Celsius. La température moyenne mensuelle est de 30,71 °C en Août, le mois le plus chaud de l'année, et de 13,09 °C en Janvier, le mois le plus froid. Il en résulte une amplitude moyenne annuelle qui est de 13,62 °C.

Les températures mensuelles diurnes sont élevées durant la période estivale, en particulier aux mois de Juillet et Août, alors qu'elles restent douces en hiver. Les températures mensuelles nocturnes sont confortables durant la période estivale et basse durant la période hivernale^[3].

• Précipitations :

Chapitre IV : Etude de cas existant

Les mois les plus humides de l'année s'étalent sur la période allant du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai, Décembre est considéré comme le mois le plus pluvieux avec une pluviométrie de 125mm. Par contre entre Juin et Août ne reçoivent que de 9 à 12mm et le mois de Juillet est le mois le plus sec vu qu'il ne reçoit que 2,5mm. La moyenne annuelle de précipitation que reçoit la ville de "Skikda" est de 800mm et la moyenne annuelle de nombre de jour est de 131 jours^[3].

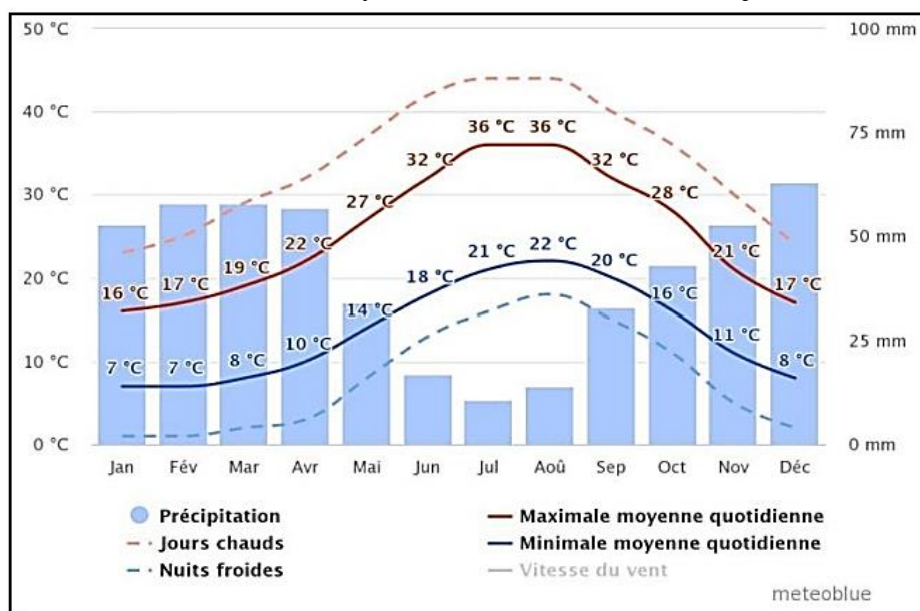


Figure 26 : Valeurs de températures et les précipitations mensuelles 2019.
Climat de Skikda, www.meteoblue.com, Juillet 2020

- **Humidité:**

Skikda est une région caractérisée par une humidité très élevée vu sa situation à proximité de la mer. La courbe thermique est inversement proportionnelle à la courbe de l'humidité relative. Cette dernière varie entre 53 et 58 % durant le jour et 83 à 85 % durant la nuit. Elle est de 68,95 % en Juillet, considéré comme le mois le moins humide de l'année et de 71 % en Décembre^[3].

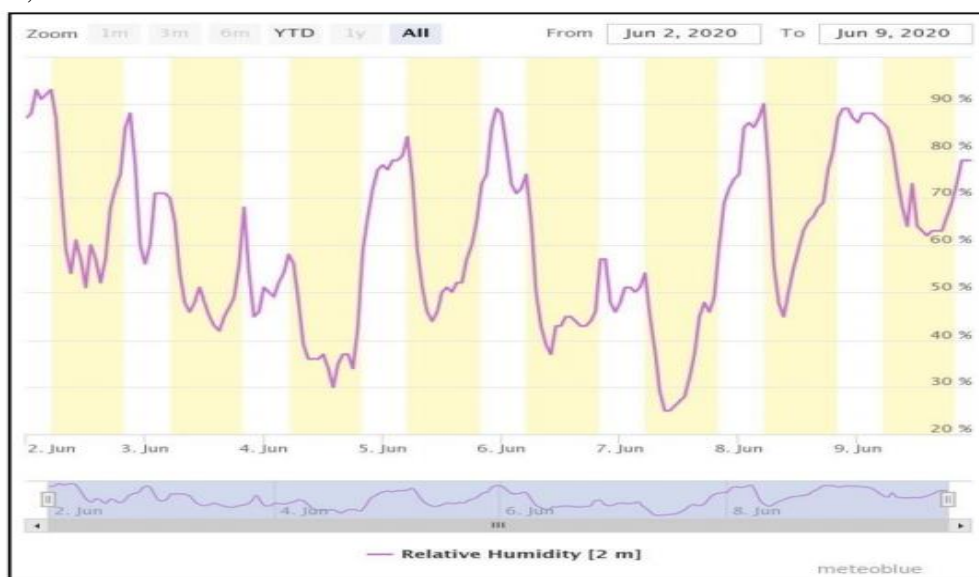


Figure 27: Valeur de l'humidité mois de Juin 2020.
Climat de Skikda. www.meteoblue.com, Juillet 2020.

- **Vents :**

Chapitre IV : Etude de cas existant

Les vents dominants de la région de SKIKDA sont les vents du Nord-Ouest durant la période froide et du Nord-Est durant la période chaude. En plus la brise de la mer vers terre a un effet très important sur le confort humain particulièrement en été. La courbe enregistre une baisse de vitesse des vents du mois de Janvier jusqu'au mois d'Avril à partir duquel cette vitesse se stabilise autour de mois de Septembre puis la courbe enregistre une hausse de vitesse jusqu'au mois de Décembre ou on enregistre la valeur la plus grande qui est de 2,7m/s. La zone littorale de Skikda, est particulièrement, soumise à des vents très violents dont la vitesse peut atteindre les 130 km/h. La courbe montre que la vitesse du vents diminué du mois de Janvier jusqu'au mois d'Avril à partir du quel reste plus ou moins stable jusqu'au mois de Septembre, après la courbe présente une augmentation de vitesse jusqu'au mois de Décembre ou en enregistre la valeur la plus grande qu'est de 4 m/s et en Mai et Juillet la valeur la plus petite qui est de 2,7 m/s^[3].

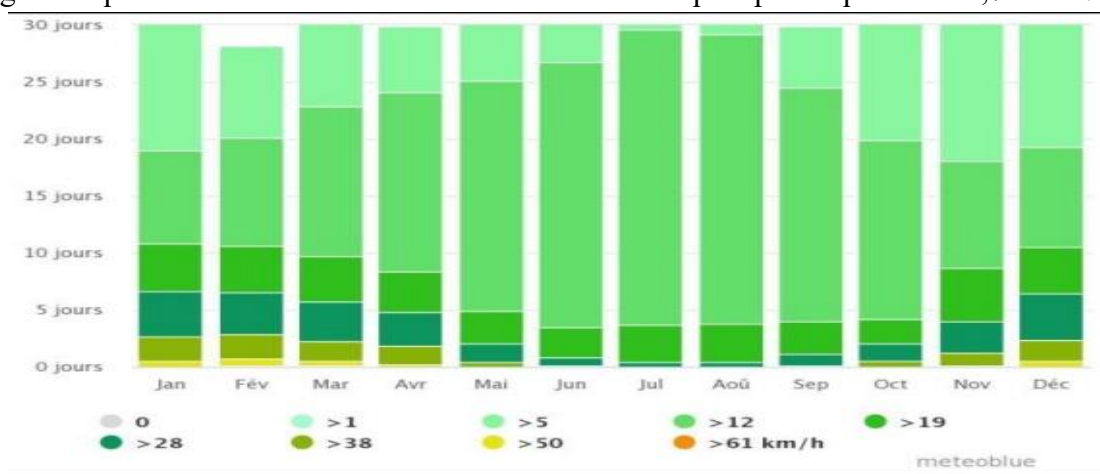


Figure 28 :Vitesse mensuelle des vents dominants (m/s) pour l'année 2019
Climat de Skikda. www.meteoblue.com, juillet 2020

IV.3.Situation de l'université 20 aout 1955 Skikda :

L'Université du 20 Août 1955 est située à Skikda, en Algérie. Elle porte ce nom en hommage à la date du 20 août 1955, qui marque un événement important dans l'histoire de la guerre d'indépendance algérienne

Le nombre d'étudiants à l'Université du 20 août 1955 dans la province de Skikda évolue d'année en année en fonction des inscriptions annuelles et des diplômes des étudiants. Selon les dernières données disponibles, le nombre d'étudiants à l'université est d'environ 20 000 étudiants et étudiantes.



Figure 29 :localisation de université de 20 aout 1955
Auteur 2024

L'université propose une variété de facultés et de départements couvrant divers domaines d'étude:

- Faculté des Sciences et de la Technologie
- Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
- Faculté des Lettres et des Langues
- Faculté des Sciences Sociales et Humaines
- Faculté de Droit et des Sciences Politiques
- Faculté des Sciences Économiques, Commerciales et des Sciences de Gestion Services et Infrastructures

L'université dispose de plusieurs services et infrastructures pour les étudiants :

- Bibliothèque centrale
- Laboratoires de recherche
- Salles informatiques
- Installations sportives
- Résidences universitaires
- Restaurants universitaires

IV.4.Présentation du cas d'étude :

Le projet est le département de Génie Civil de l'Université du 20 aout 1955-SKIKDA.

IV.4.1.Localisation du département de génie civil

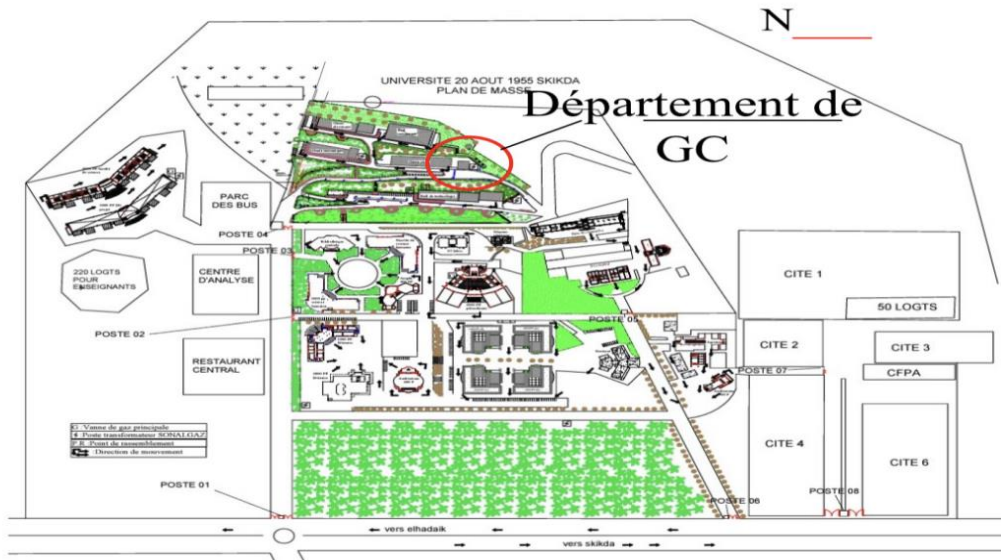


Figure 30 : Plan de situation du département de génie civil

La source : Auteur

- **Les limites**

Le département est limité par :

- au nord zone de stockage
- à l'Est une route
- au sud par une département de génie mécanique
- à l'ouest hall de mécanique

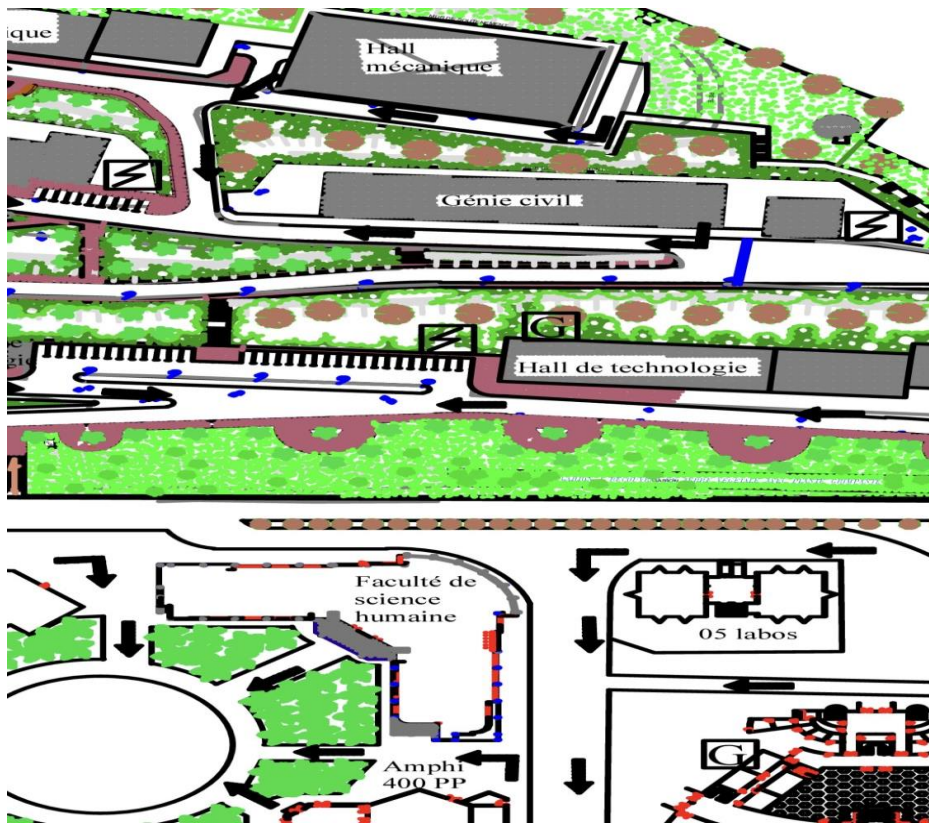


Figure 31 : Plan de masse



Figure 32 : Vue aérienne du département



Figure 33: vue principale du département de génie civil
source : Auteurs, 2024

Composition du bâtiment

Le département se compose de deux niveaux, (R+1) un rez-de-chaussée enterré et un premier étage :

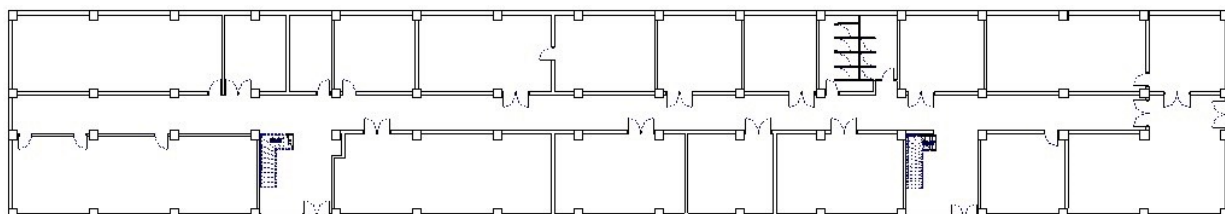


Figure 34 :Plan de rez - de-chaussée

Le rez –de-chaussée

Au premier niveau, après l'accès un hall de réception relié à un couloir d'où se distribue les salles de classes et les différents laboratoires, à droite une classe pédagogique (la salle 1) et trois laboratoires de structure, et à gauche un long couloir qui commence par une seconde classe pédagogique (salle 14), et respectivement, les sanitaires pour femmes et sanitaires pour hommes, puis des classes de cours (salle 13 et 15), suivis des laboratoires MDS, et de l'autre côté du couloir, Sur le côté gauche on y trouve la salle informatique, entre et Bureau responsable des CFD entre 02 et salle de TP topo Vient ensuite la salle 4, et derrière elle se trouvent des escaliers.



Figure :35 : Laboratoire de structures



Figure :36 : Entrée 01 et salle 01

Sources : Auteurs, 2024



Figure 37 :Le hall de rez-de-chaussée
Auteurs 2024

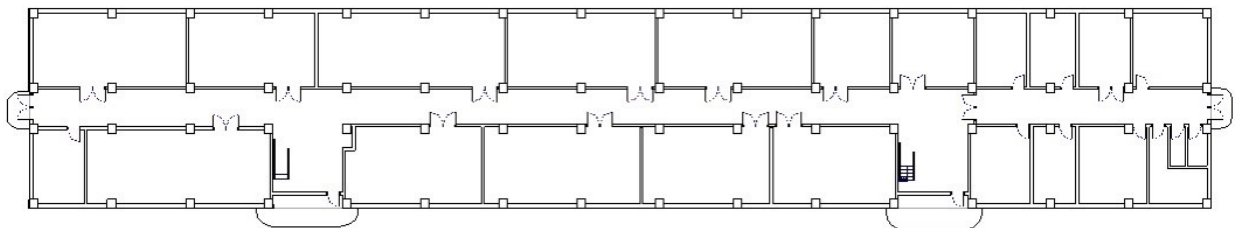


Figure 38 : Plan du premier étage

- **le premier étage :**

Le deuxième niveau est divisé par une cage d'escalier,

- à la droite partie réservée aux bureaux administratifs composé du bureau du chef de département, le bureau du secrétariat du chef département, les bureaux de la scolarité (bureau licence, bureau master), bureau des archives, deux bureaux pour enseignants et des sanitaires pour femmes et sanitaire pour hommes , et une salle de réunion



Figure 39 : Administration

Sources : Auteurs, 2024

- à gauche, les salles pédagogiques au nombre de classes, une salle de progrès équipé d'ordinateurs, une salle pour les soutenances et un balcon aménagé en bureau



Figure40 :Le hall du premier étage

Sources : Auteurs, 2024

IV.4.3.Choix du cas d'étude (la salle 11) :

La salle numéro 11 est située à la fin du couloir au premier étage du département de génie civil, où est dispensé le programme d'équipement de l'habitat (Master 1, Master 2) sur une période de deux années consécutives. Cette salle est exclusivement réservée aux étudiants du programme d'équipement de l'habitat, où la majeure partie de leur formation se déroule.

Elle est équipée de plusieurs tables et chaises d'étude, et peut accueillir plus de 25 étudiants. La salle 11 est située dans l'angle sud-ouest, et cette position est considérée comme l'un des facteurs perturbateurs pour assurer un environnement éducatif confortable et efficace pour les étudiants.

Nous avons remarqué qu'elle présente plusieurs problèmes qui affectent l'attention des étudiants et diminuent leur confort. Parmi ces problèmes, on trouve un éclairage insuffisant, ainsi qu'un inconfort thermique et acoustique. En ce qui concerne le confort thermique, la salle est

froide en hiver malgré la présence de deux radiateurs, et elle est trop chaude en été malgré la présence de fenêtres. Nous savons que la température ambiante a un impact positif et négatif sur les performances humaines. C'est pourquoi nous avons décidé de mener des études sur cette salle afin de l'améliorer et de la rendre confortable à la fois en hiver et en été.

- **Les matériaux de base**

- béton
- briques
- enduit en ciment
- enduit en plâtre
- acier

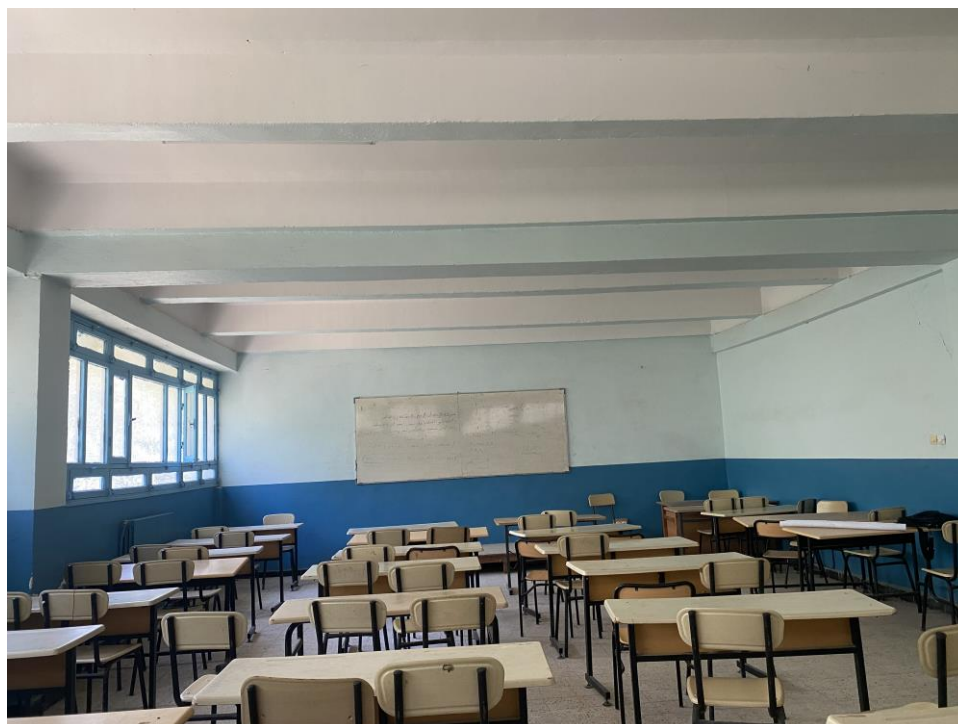


Figure 41 : salle 11

Auteurs 2024

IV.5.Méthodologie d'évaluation du confort thermique :

Nous sommes appuyés sur deux méthodes pour évaluer le confort thermique dans la salle 11 : une méthode subjective et une méthode objective .

IV.5.1.Evaluation subjective : (questionnaire)

La première méthode repose sur l'évaluation subjective du confort thermique par les occupants de la salle de classe. un entretien semi direct et un questionnaire ont été élaboré et distribué aux étudiants qui ont fréquenté la salle 11 notamment ceux de la 1^{ère} et la 2^{ème} année master en équipement de l'habitat, pour recueillir leurs perceptions et impressions sur les niveaux de température et la qualité thermique des espaces d'enseignement. Les questions ont porté sur divers aspects tels que :

- **l'importance d'obtenir une température confortable dans la classe :**

une température bien régulée dans une classe est essentielle pour favoriser un environnement propice à l'apprentissage et au bien-être de tous les occupants.

- **les facteurs le plus défavorable pour le confort thermique (été / hiver) :**

le manque de confort thermique dans la classe est du à plusieurs facteurs température ,humidité ,courant d'air.....

Chapitre IV : Etude de cas existant

- Qualité de l'ambiance climatique :

La qualité de l'ambiance climatique dans un espace comme une classe ou un bureau est essentielle pour le confort et le bien-être des occupants en été et en hiver .

- Évaluation du confort thermique intérieur dans la classe :

Le confort thermique à l'intérieur d'une classe est essentiel pour assurer un environnement d'apprentissage acceptable .

• Questionnaire :

Un questionnaire a été établi pour évaluer le niveau de température de classe 11. Il a été distribué aux étudiants en master équipement de l'habitat en première et deuxième année, qui ont fréquenté régulièrement la salle 11. Cet échantillon représentatif a été sélectionné sur la base de certains critères dont la capacité à y accéder, la connaissance de la salle et ceci conformément à la méthode non probabiliste qui est la plus adéquate pour nous permettre de formuler nos hypothèses de travail.

• Interprétations des résultats du questionnaire :

Après avoir distribué les questions aux étudiants, nous avons trié le questionnaire et analysé les résultats en fonction du type de question.

B.1.le niveau de sensibilité à la chaleur :

Tableau 05: le niveau de sensibilité à la chaleur

vosre niveau de sensibilité à la chaleur est-il	peu sensible	sensibilité normale	plutot sensible	extrémement sensible
répétition	2	9	11	8
pourcentage %	6,66	30	36,66	26,66

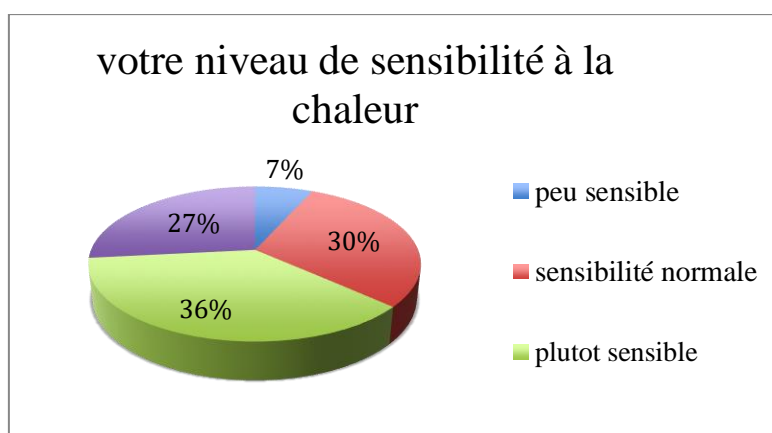


Figure 42 : le niveau de sensibilité à la chaleur

Analyse :

Ce graphique est un diagramme circulaire illustre la sensibilité des étudiants à la chaleur .

26% des personnes sont peu sensibles à la chaleur. Cela signifie qu'elles sont relativement peu affectées par les variations de température ambiante.

7% des personnes ont une sensibilité normale à la chaleur. Elles ressentent les changements de température, mais de manière modérée.

Chapitre IV : Etude de cas existant

30% des personnes sont plutôt sensibles à la chaleur. Elles sont plus susceptibles d'être gênées par les températures élevées et peuvent avoir besoin de prendre des mesures pour se rafraîchir, comme se mettre à l'ombre ou boire des boissons fraîches.

37% des personnes sont extrêmement sensibles à la chaleur. Elles sont très susceptibles d'être gênées par les températures élevées et peuvent même présenter des problèmes de santé si elles ne prennent pas de mesures pour se rafraîchir.

Il est important de noter que ces données sont approximatives et qu'il existe une grande variabilité individuelle dans la sensibilité à la chaleur.

Cette répartition indique que la majorité des personnes (67%) sont soit modérément soit très sensibles à la chaleur, ce qui souligne l'importance de réguler la température ambiante pour assurer le confort et le bien-être des étudiants.

B.2: l'importance à la météo pour habiller le matin :

Nous avons demandé les étudiants s'ils vérifiaient la météo avant de sortir

90% ils ont dit oui et 10% dit non qui a dit oui :

Tableau 06 : l'importance à la météo pour habiller le matin

qu'est-ce qui n'influence-le plus votre choix	la température	le risque de pluie	le vent	autres
répétition	22	3	4	1
pourcentage %	73,33	10	13,33	3,33

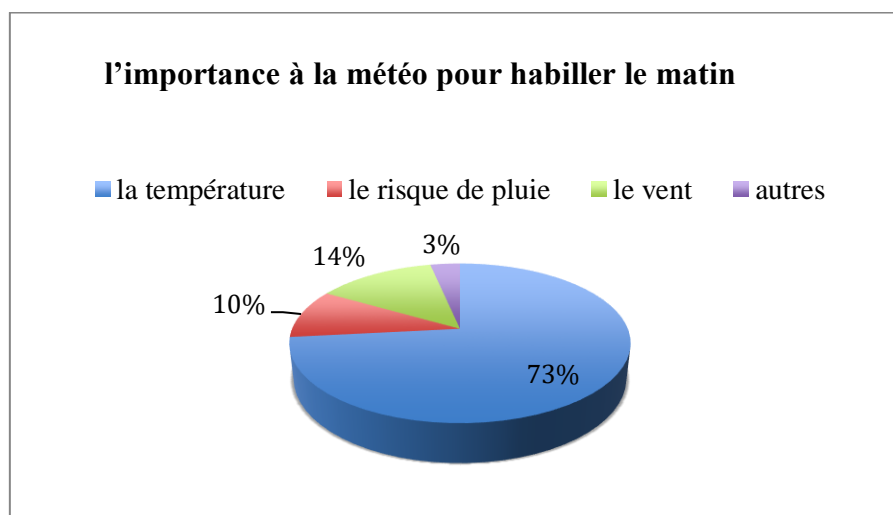


Figure 43 : L'importance à la météo pour habiller le matin

Analyse :

Ce graphique illustre les opinions des étudiants sur les facteurs qui les aident à choisir leurs vêtements le matin. Le diagramme circulaire est divisé en cinq segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes. Voici une analyse détaillée de ce graphique

Température (73.33%) : 73.33% des étudiants choisissent leurs vêtements en fonction de la température. Cela montre que la majorité des étudiants considèrent la température comme un facteur déterminant dans leur choix vestimentaire matinal

Chapitre IV : Etude de cas existant

Le vent (13.33%) :13.33% des étudiants prennent en compte la présence ou l'absence du vent. Cela indique qu'une partie significative considère les conditions venteuses dans leur choix de vêtements.

Le risque de pluie (10%) :10% des étudiants tiennent compte de la probabilité de pluie. Cela montre que certains choisissent leurs vêtements en fonction de la possibilité de conditions pluvieuses.

Autres facteurs (3.33%) :3.33% des étudiants se basent sur d'autres facteurs. Cela suggère que cette minorité prend en compte des aspects non spécifiés dans le choix de leurs vêtements.

En conclusion, la température est le facteur prédominant pour la majorité des étudiants (73.33%), suivie par la présence du vent (13.33%) et la probabilité de pluie (10%). Une petite minorité (3.33%) considère d'autres facteurs dans leur décision vestimentaire matinale.

B.3:l'importance pour d'avoir une température confortable dans la classe :

Tableau 07 : l'importance pour d'avoir une température confortable dans la classe

précisez l'importance pour vous d'avoir une température confortable dans votre classe	avoir une meilleure concentration	être moins stressé	être moins fatigué	Autres
répétition	7	10	13	0
pourcentage %	23,33	33,33	43,33	0

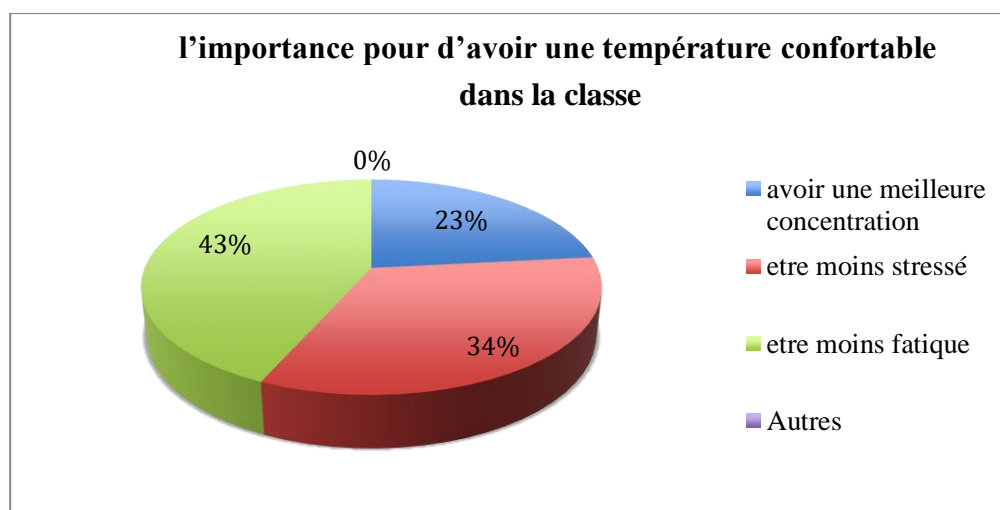


Figure 45 : l'importance pour d'avoir une température confortable dans la classe

Analyse :

Ce graphique est un diagramme circulaire illustrant l'importance d'une température confortable en classe et son impact sur les étudiants. Quatre facteurs principaux représentent l'importance de la température confortable :

Obtenir une meilleure concentration (24%) :Représenté par la partie bleue du diagramme. Indique que 24% des participants pensent qu'une température confortable aide à améliorer leur concentration pendant les études.

Réduire le stress (33%) :Représenté par la partie rouge du diagramme. Indique que 33% des participants estiment qu'une température confortable aide à réduire leur niveau de stress.

Chapitre IV : Etude de cas existant

Réduire la fatigue (43%) : Représenté par la partie verte du diagramme. Indique que 43% des participants pensent qu'une température confortable contribue à réduire leur sensation de fatigue pendant les études.

Autres (0%) : Représenté par la partie violette du diagramme. Indique que 0% des participants n'ont mentionné aucune autre raison pour la nécessité d'une température confortable en classe.

D'après cette analyse, nous pouvons conclure que le facteur le plus important pour les étudiants est la réduction de la fatigue (43%), suivi de la réduction du stress (33%) et de l'amélioration de la concentration (24%). Aucun autre facteur n'a été jugé important par les participants. Cela montre qu'offrir un environnement thermiquement confortable en classe peut avoir un impact significatif sur le bien-être et la performance académique des étudiants.

B.4: la nécessité de climatiser les locaux en été :

Tableau 08 : la nécessité de climatiser les locaux en été

A partir de quelle température intérieure juger-vous nécessaire de climatiser les locaux en été	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°
répétition	5	4	4	8	3	5	1
pourcentage %	16,66	13,33	13,33	26,66	10	16,66	3,33

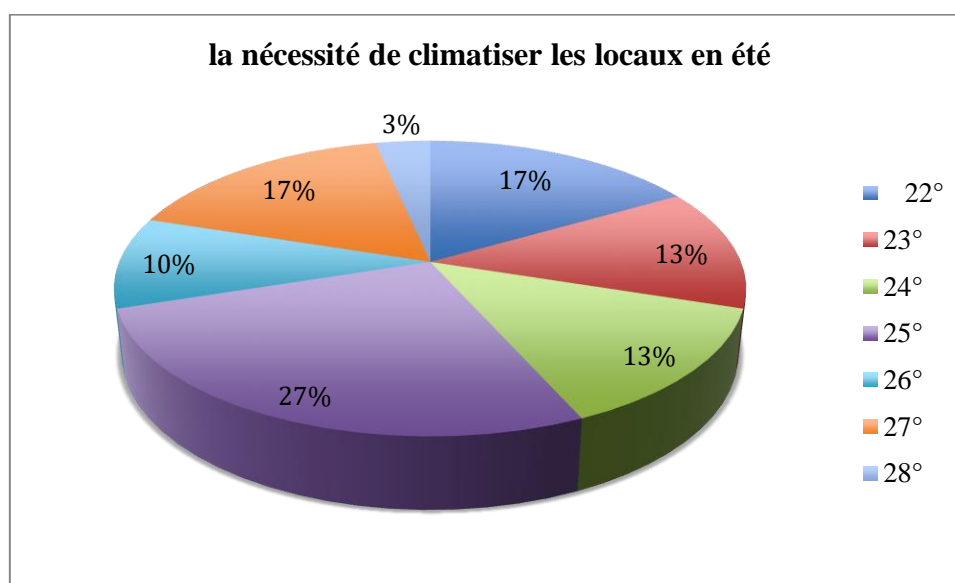


Figure 46 : la nécessité de climatiser les locaux en été

Ce graphique illustre les différentes préférences de climatisation en intérieur pendant l'été en fonction des températures préférées. Le diagramme circulaire est divisé en segments, chacun représentant un pourcentage des personnes qui préfèrent une certaine température. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Température de 22 degrés Celsius (17%) : 17% des personnes préfèrent que les espaces intérieurs soient climatisés à 22 degrés Celsius. Cela indique qu'une part importante de la population se sent à l'aise dans un environnement modérément frais.

Température de 23 degrés Celsius (13%) : 13% des personnes préfèrent une température de 23 degrés Celsius. Ces personnes tendent à préférer un environnement légèrement plus chaud comparé au groupe précédent.

Chapitre IV : Etude de cas existant

Température de 24 degrés Celsius (13%) :13% des personnes préfèrent également une température de 24 degrés Celsius. Cela montre qu'un même pourcentage de personnes préfère une température légèrement plus élevée que le groupe précédent.

Température de 25 degrés Celsius (27%) :Le pourcentage le plus élevé, soit 27% des personnes, préfère une température de 25 degrés Celsius. Cela indique que la plupart des gens trouvent cette température la plus confortable en été.

Température de 26 degrés Celsius (10%) :10% des personnes préfèrent une température de 26 degrés Celsius. Cela montre qu'une proportion modérée de personnes préfère une température un peu plus élevée.

Température de 27 degrés Celsius (17%) :17% des personnes préfèrent une température de 27 degrés Celsius, ce qui est la même proportion que celles préférant 22 degrés Celsius, indiquant une variation des préférences entre les températures plus fraîches et plus chaudes.

Température de 28 degrés Celsius (3%) :Le plus faible pourcentage, soit 3% des personnes, préfère une température de 28 degrés Celsius. Cela montre que peu de personnes préfèrent un environnement nettement plus chaud.

B.5: type de ventilation pour la classe :

Tableau 09 :type de ventilation pour la classe

quel type de ventilation préférez-vous pour votre classe	naturelle	mécanique
répétition	20	10
pourcentage %	66,66	33,33

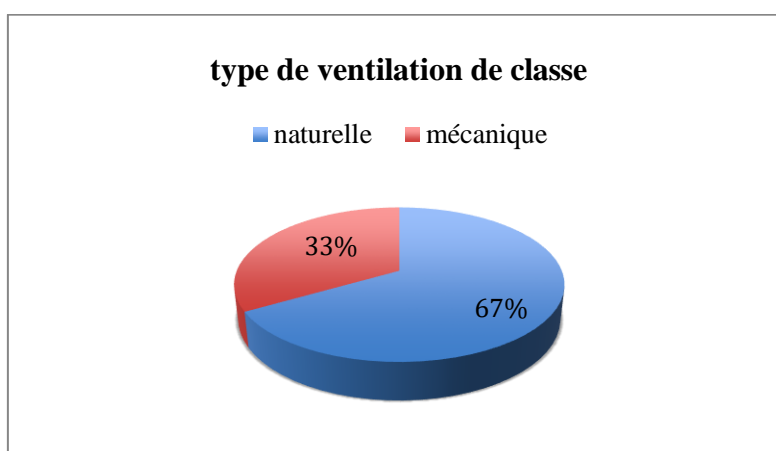


Figure 47 : type de ventilation pour la classe

Analyse :

Ce graphique illustre le type de ventilation utilisé dans les salles de classe, divisé en deux catégories : la ventilation naturelle et la ventilation mécanique. Le diagramme circulaire est divisé en deux segments, chacun représentant un pourcentage du type de ventilation. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Ventilation naturelle (67%) :67% des salles de classe utilisent la ventilation naturelle. Cette méthode repose sur l'ouverture des fenêtres et des portes pour permettre l'entrée de l'air extérieur. Cela indique que la majorité des salles de classe préfèrent cette méthode de ventilation.

Ventilation mécanique (33%) :33% des salles de classe utilisent la ventilation mécanique. Cette méthode repose sur l'utilisation de ventilateurs ou de systèmes de climatisation pour assurer la

Chapitre IV : Etude de cas existant

circulation de l'air et améliorer la qualité de l'air à l'intérieur de la salle. Cela montre qu'environ un tiers des salles de classe utilisent cette méthode de ventilation.

B.6.1: la facteur le plus défavorable pour confort en été :

Tableau 10: la facteur le plus défavorable pour confort en été

quel est le facteur le plus défavorable pour votre confort en été	température	humidité	courants d'air	Autres
répétition	16	9	4	1
pourcentage %	53,33	30	13,33	3,33

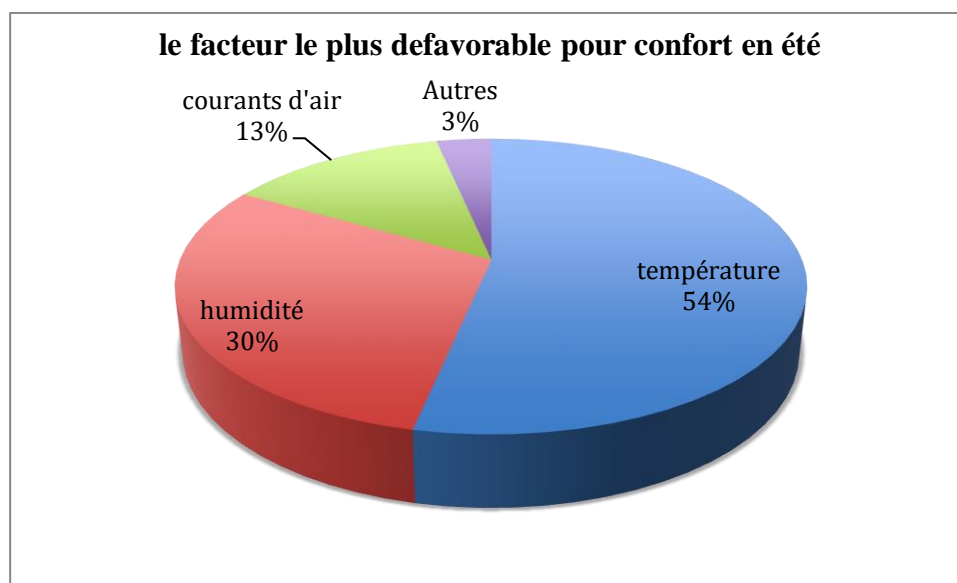


Figure 48 : la facteur le plus défavorable pour confort en été

Analyse :

Ce graphique illustre les facteurs négatifs affectant le confort en été dans les salles de classe, divisés en quatre catégories. Le diagramme circulaire est segmenté en quatre parties, chacune représentant un pourcentage spécifique pour chaque facteur. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Température (53%) : 53% des personnes ont choisi la température comme le facteur le plus influent. Cela montre que la majorité des participants considèrent que la température est le principal facteur affectant leur confort en été.

Humidité (30%) : 30% des personnes ont choisi l'humidité. Ce pourcentage indique qu'un nombre significatif de personnes trouvent que l'humidité est un facteur majeur affectant leur confort.

Courant d'air (13,33%) : 13,33% des personnes ont choisi le courant d'air comme le facteur le plus influent. Cela signifie qu'un groupe plus restreint, mais notable, considère le courant d'air comme un élément clé influençant leur confort.

Autres (3,33%) : 3,33% des personnes ont choisi d'autres facteurs. Cela montre que très peu de personnes trouvent que des facteurs autres que la température, l'humidité et le courant d'air sont les plus influents.

En résumé, la température (53%) et l'humidité (30%) sont les deux principaux facteurs négatifs affectant le confort en été dans les salles de classe, suivis par le courant d'air (13,33%). Les autres facteurs représentent une petite proportion (3,33%). Ces informations peuvent être utiles

Chapitre IV : Etude de cas existant

pour les gestionnaires et les responsables scolaires afin d'améliorer le confort des étudiants en été.

B.6.2: le facteur le plus défavorable pour confort en hiver :

Tableau 11 : la facture le plus défavorable pour confort en hiver

quel le facteur le plus défavorable pour votre confort en hiver	température	humidité	courants d'air	Autres
répétition	19	0	6	5
pourcentage %	63,33	0	20	16,66

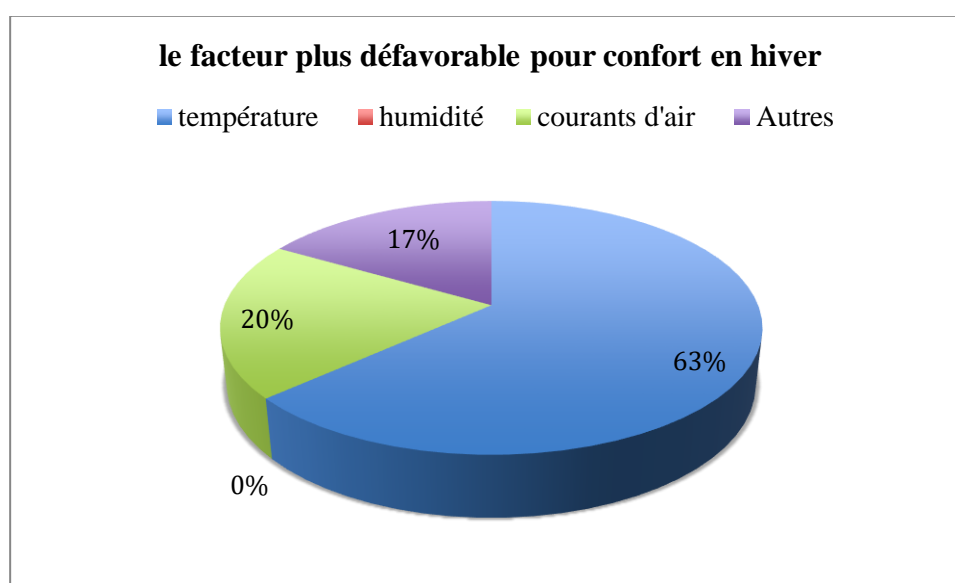


Figure 49 : la facture le plus défavorable pour confort en hiver

Analyse :

Ce graphique illustre les facteurs négatifs affectant le confort en été dans les salles de classe, divisés en quatre catégories. Le diagramme circulaire est segmenté en quatre parts, chacune représentant un pourcentage spécifique pour chaque facteur. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Température (63,33%) : 63,33% des personnes considèrent que la température est le facteur le plus influent. Cela montre que la majorité des étudiants trouvent que la température est le principal problème affectant leur confort en été.

Humidité (0%) : Aucun des participants (0%) n'a choisi l'humidité comme facteur principal. Cela indique que l'humidité n'est pas perçue comme un problème majeur dans les salles de classe pendant l'été.

Courant d'air (20%) : 20% des personnes considèrent que le courant d'air est le facteur le plus influent. Cela signifie qu'un cinquième des étudiants trouvent les courants d'air gênants pour leur confort.

Autres facteurs (16,66%) : 16,66% des personnes ont choisi d'autres facteurs comme étant les plus influents. Cela indique qu'il y a d'autres éléments, non spécifiés, qui affectent le confort des étudiants en été.

En résumé, la température est de loin le facteur le plus préoccupant (63,33%), suivi par les courants d'air (20%) et d'autres facteurs (16,66%), tandis que l'humidité n'est pas perçue comme

Chapitre IV : Etude de cas existant

un problème (0%). Ces informations peuvent aider à identifier les priorités pour améliorer le confort des étudiants en été.

C : Qualité de l'ambiance climatique :

Décrire l'ambiance de classe à travers les points suivants

c.1:température en été :

tableau 12 :classer la température en été

température en été	très chaud	chaud	légèrement chaud	ni chaud ni froid	légèrement froid	froid	très froid
répétition	13	5	2	6	3	1	0
pourcentage	43,33	16,66	6,66	20	10	3,33	0

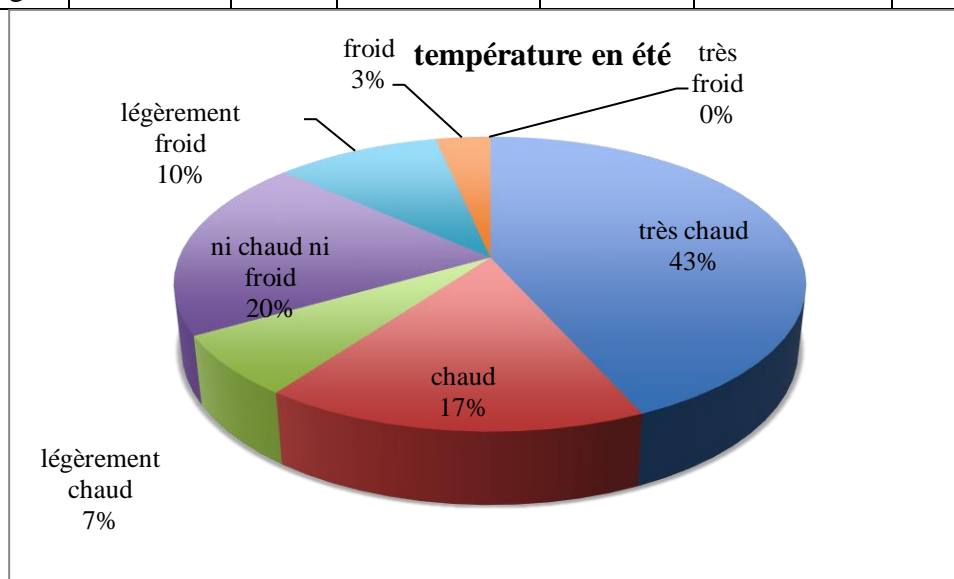


Figure 50 : classer la température en été

Analyse :

Ce graphique illustre les températures perçues en été dans les salles de classe, divisées en sept catégories. Le diagramme circulaire est divisé en segments, chacun représentant un pourcentage de chaque catégorie de température. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Très chaud (43.33%) : 43.33% des personnes trouvent que la salle de classe est très chaude. Cela représente la majorité des opinions, indiquant que beaucoup de salles de classe sont perçues comme inconfortablement chaudes en été.

Ni chaud ni froid (20%) : 20% des personnes estiment que la température est modérée, ni chaude ni froide. Ce groupe représente une proportion significative, suggérant que certaines salles de classe maintiennent une température agréable.

Chaud (16%) : 16% des personnes considèrent que la salle de classe est chaude. Cela montre que, bien que moins fréquente que la perception de « très chaud », une proportion notable trouve encore la température inconfortablement élevée.

Légèrement froid (10%) : 10% des personnes pensent que la salle de classe est légèrement froide. Cela indique que certaines salles de classe peuvent être un peu trop rafraîchies.

Légèrement chaud (6.66%) : 6.66% des personnes trouvent que la salle de classe est légèrement chaude. Cela représente une petite proportion qui perçoit une légère chaleur.

Froid (3.33%) : 3.33% des personnes considèrent que la salle de classe est froide. Bien que peu nombreuses, ces opinions montrent qu'il y a des salles de classe perçues comme trop froides.

Chapitre IV : Etude de cas existant

Très froid (0%) :0% des personnes trouvent la salle de classe très froide, indiquant que cette perception est inexistante parmi les répondants.

En résumé, la majorité des salles de classe sont perçues comme très chaudes en été (43.33%), suivies par celles perçues comme ni chaudes ni froides (20%) et chaudes (16%). Les perceptions de températures légèrement froides (10%) et légèrement chaudes (6.66%) sont moins courantes, tandis que très peu de salles de classe sont perçues comme froides (3.33%) et aucune comme très froide (0%). Ces informations peuvent être utiles pour les responsables afin d'ajuster les systèmes de climatisation et de chauffage pour améliorer le confort des étudiants pendant l'été.

C.2:la température d'une journée d'été est une :

Tableau 13 :classer la température d'une journée d'été

la température d'une journée d'été est une	température stable	température légèrement stable	température instable	température très instable
répétition	6	9	13	2
pourcentage	20	30	43,33	6,66

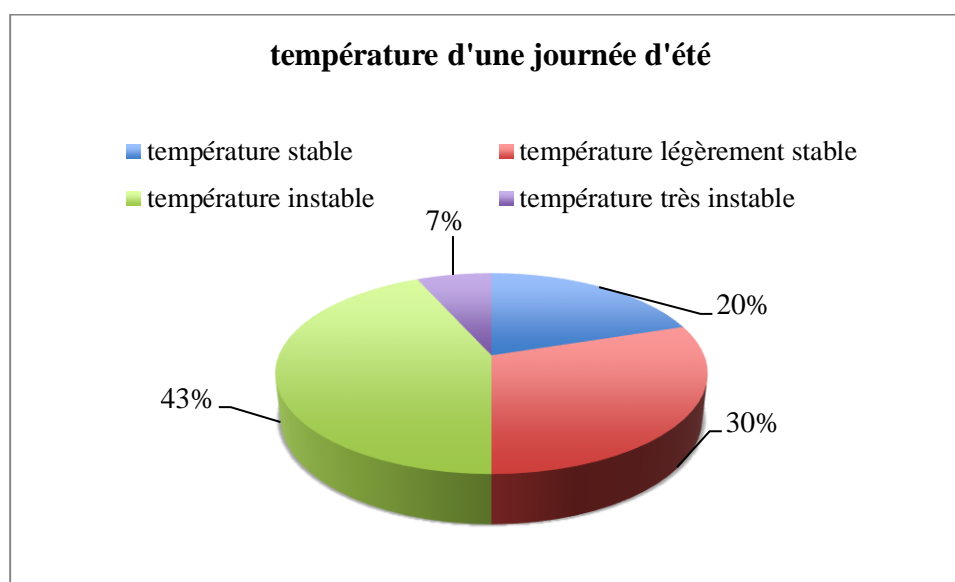


Figure 51 : classer la température d'une journée d'été

Ce graphique illustre les opinions des étudiants sur la température pendant une journée d'été.

Le diagramme circulaire est divisé en quatre segments, chacun représentant un pourcentage des opinions

Température instable (43.33%) :43.33% des personnes considèrent que la température est non stable. Cela représente la majorité des opinions, indiquant que beaucoup d'étudiants ressentent des variations importantes de température pendant la journée d'été.

Température légèrement stable (30%) :30% des personnes pensent que la température est relativement stable. Ce groupe représente une proportion significative d'étudiants qui ressentent une certaine stabilité de la température, bien qu'elle puisse encore fluctuer légèrement.

Température stable (20%) :20% des personnes estiment que la température est stable. Cela montre qu'une proportion notable d'étudiants trouve que la température ne varie pas beaucoup au cours de la journée.

Température très instable (6.66%) :6.66% des personnes considèrent que la température est très non stable. Bien que ce soit une minorité, ces opinions montrent qu'il y a quelques étudiants qui perçoivent des fluctuations de température extrêmement importantes.

Chapitre IV : Etude de cas existant

En résumé, la majorité des étudiants (43.33%) perçoivent la température comme non stable pendant une journée d'été, tandis que 30% la trouvent relativement stable, et 20% la considèrent comme stable. Une minorité de 6.66% pense que la température est très non stable. Ces informations peuvent être utiles pour comprendre comment les étudiants perçoivent le confort thermique en été et pour prendre des mesures afin d'améliorer leur expérience en salle de classe

C.3:température en hiver :

Tableau14 : classe la température en hiver

température en hiver	très froid	froid	ni chaud ni froid	chaud	trop chaud
répétition	7	12	4	4	3
pourcentage %	23,33	40	13,33	13,33	10

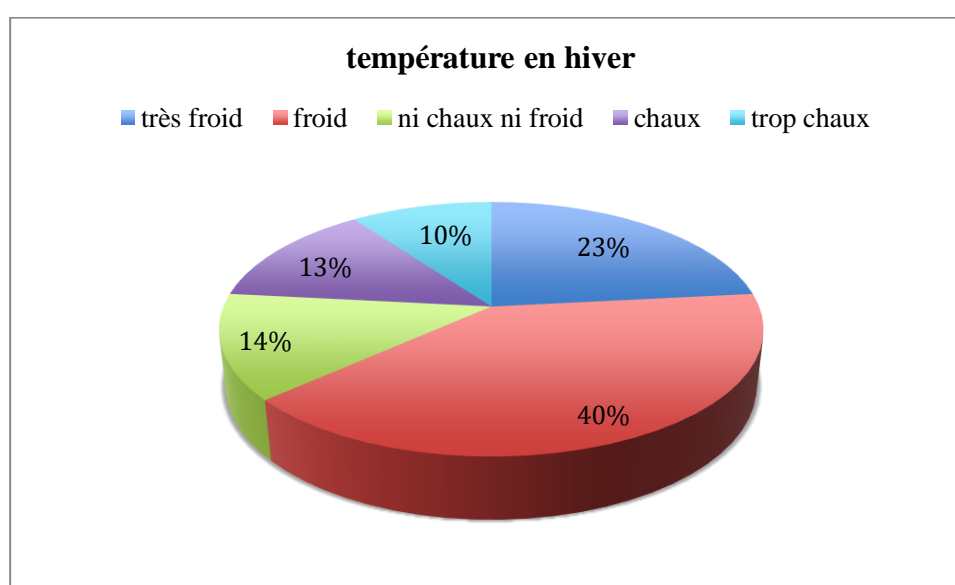


Figure 52 : classe la température en hiver

Analyse :

Ce graphique illustre les opinions des étudiants sur la température en hiver. Le diagramme circulaire est divisé en cinq segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Froid (40%) : 40% des personnes considèrent que la température est froide. Cela représente la majorité des opinions, indiquant que beaucoup d'étudiants trouvent les salles de classe froides en hiver.

Très froid (23.33%) : 23.33% des personnes estiment que la température est très froide. Cette proportion significative montre que près d'un quart des étudiants trouvent les conditions de la salle de classe extrêmement froides.

Très chaud (10%) : 10% des personnes considèrent que la température est très chaude. Bien que minoritaire, ce groupe montre qu'une petite proportion des étudiants trouve les salles de classe trop chaudes en hiver.

Chaud (13.33%) : 13.33% des personnes estiment que la température est chaude. Cela montre que certains étudiants perçoivent les salles de classe comme étant trop chauffées.

Chapitre IV : Etude de cas existant

Ni chaud ni froid (13.33%) :13.33% des personnes trouvent que la température est modérée, ni chaude ni froide. Ce groupe représente une proportion notable, indiquant que certaines salles de classe maintiennent une température agréable et équilibrée.

En résumé, la majorité des étudiants (40%) trouvent les salles de classe froides en hiver, suivis par ceux qui les trouvent très froides (23.33%). Une minorité perçoit les salles de classe comme très chaudes (10%), tandis que des proportions égales (13.33%) estiment qu'elles sont chaudes ou modérées. Ces informations peuvent aider les responsables à ajuster les systèmes de chauffage pour améliorer le confort thermique des étudiants pendant l'hiver.

C.4:température d'une journée d'hiver :

Tableau15: classe la température d'une journée d'hiver

la température d'une journée d'hiver est une	température stable	température légèrement stable	température instable	température très instable
répétition	3	9	13	5
pourcentage%	10	30	43,33	16,66

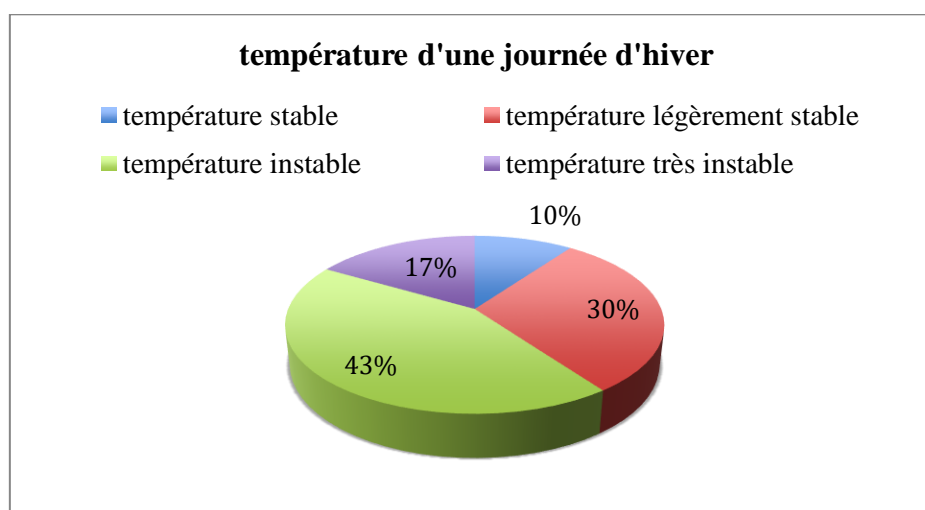


Figure 53 : classe la température d'une journée d'hiver

Ce graphique illustre les avis des étudiants sur la température lors d'une journée d'hiver. Le diagramme circulaire est divisé en quatre segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Température instable (43,33%) :43,33% des personnes considèrent que la température est instable. Cela représente la majorité des opinions, indiquant que de nombreux étudiants ressentent des variations importantes de température pendant une journée d'hiver.

Température légèrement stable (30%) :30% des personnes pensent que la température est quelque peu stable. Cela suggère qu'une proportion significative d'étudiants ressent une certaine constance dans la température, bien que des variations légères puissent encore être présentes.

Température stable (10%) :10% des personnes estiment que la température est stable. Ce groupe représente une minorité, indiquant que peu d'étudiants trouvent que la température reste constante et sans fluctuation.

Température très instable (16,66%) :16,66% des personnes considèrent que la température est très instable. Cela montre qu'une partie notable des étudiants ressent des variations de température très marquées et fréquentes.

Chapitre IV : Etude de cas existant

En résumé, la majorité des étudiants (43,33%) trouvent la température instable lors d'une journée d'hiver, suivie par ceux qui la trouvent quelque peu stable (30%). Une minorité la considère stable (10%), tandis qu'un pourcentage non négligeable (16,66%) la trouve très instable. Ces informations peuvent aider les responsables des établissements scolaires à comprendre les perceptions des étudiants concernant le chauffage et la régulation de la température en hiver, afin de prendre des mesures pour améliorer le confort thermique dans les salles de classe.

C.5:ventilation naturelle en été :

Tableau 16 :classe le ventilation naturelle en été

ventilation naturelle en été	fortement ventilé	ventilé	néant ventilé	faiblement	très faiblement ventilé
répétition	3	6	2	15	4
pourcentage%	10	20	6,66	50	13,33

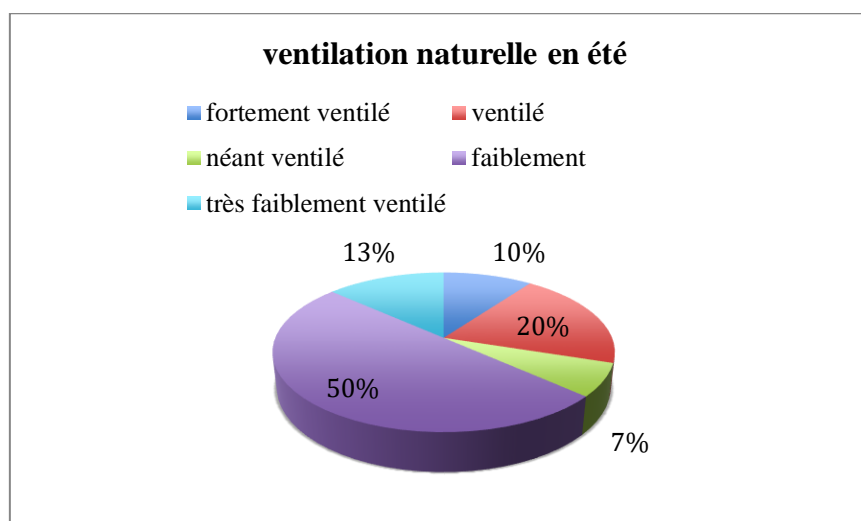


Figure : 54 classe le ventilation naturelle en été

Ce graphique illustre la qualité de la ventilation naturelle en été. Le diagramme circulaire est divisé en cinq segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes interrogées. Voici l'analyse détaillée de ce graphique :

Ventilation faiblement (50%) : 50% des personnes considèrent que la ventilation est faible. Cela représente la majorité des opinions, indiquant que beaucoup de salles de classe ont une ventilation insuffisante en été.

Ventilé (20%) : 20% des personnes estiment que la ventilation est adéquate. Cela signifie qu'une proportion notable trouve la qualité de la ventilation satisfaisante.

néant ventilé (6.66%) : 6.66% des personnes considèrent que la ventilation est moyenne. Bien que cette proportion soit petite, elle indique qu'il y a des salles de classe avec une ventilation modérément bonne.

très faible ventilé(13.33%) : 13.33% des personnes jugent que la ventilation est très faible. Cela montre qu'une partie significative des salles de classe souffre de problèmes sérieux de ventilation.

Chapitre IV : Etude de cas existant

fortement ventilé (10%) :10% des personnes pensent que la ventilation est bonne. Ce pourcentage indique qu'une minorité trouve la qualité de la ventilation dans leur salle de classe satisfaisante.

En résumé, la majorité des personnes (50%) considèrent que la ventilation naturelle en été est faible, suivie par ceux qui la trouvent adéquate (20%) et très faible (13.33%). Les opinions sur la ventilation moyenne (6.66%) et bonne (10%) sont moins fréquentes. Ces informations peuvent être cruciales pour les gestionnaires et les responsables afin d'améliorer la qualité de la ventilation naturelle dans les salles de classe pour assurer un environnement plus confortable et sain pour les étudiants pendant l'été.

C.6:ventilation naturelle en hiver :

Tableau 17: classe ventilation naturelle en hiver

ventilation naturelle en hiver	fortement ventilé	ventilé	néant	faiblement ventilé	très faiblement ventilé
répétition	5	11	9	3	2
pourcentage%	16,66	36,66	30	10	6,66

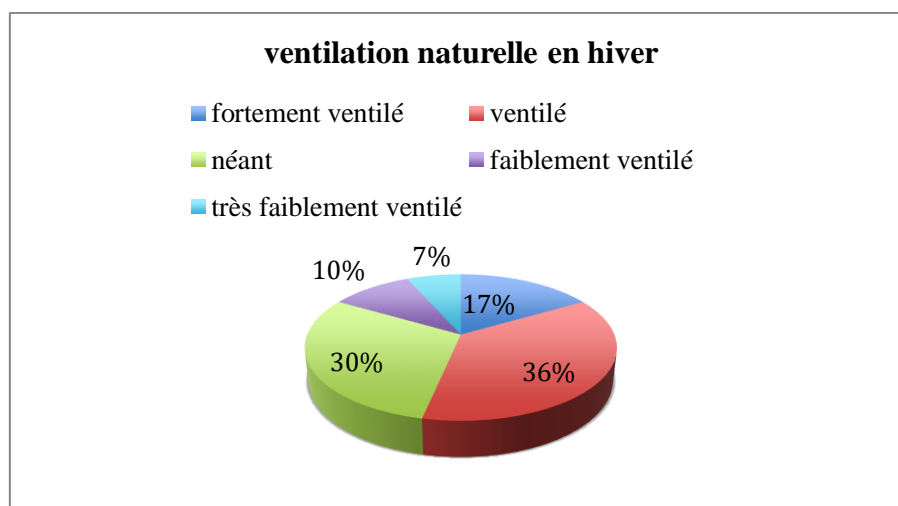


Figure 55 : classe ventilation naturelle en hiver

Ce diagramme illustre la ventilation après l'ouverture des portes et des fenêtres en hiver. Voici un résumé des opinions :

Ventilé: 36,66% des personnes estiment que la ventilation devient présente après l'ouverture des portes et des fenêtres, indiquant une amélioration significative selon la majorité.

Néant : 30% des personnes pensent que la ventilation devient absente après l'ouverture.

Fortement ventilé : 16,66% des personnes trouvent que l'air devient confortable de manière significative, une proportion moins élevée mais encore notable.

Ventilation faible : 10% des personnes jugent que la ventilation reste faible même après l'ouverture des portes et des fenêtres.

Très faiblement ventilé : 6,66% des personnes estiment que la ventilation reste très mauvaise après l'ouverture.

Ce diagramme montre que la grande majorité des gens ressentent une amélioration de la ventilation après l'ouverture des portes et des fenêtres, bien qu'une petite proportion reste insatisfaite de la ventilation même après cette action.

C.7: humidité :

Tableau18 : Niveau de l'humidité

humidité	très humide	humide	bien	sec	très sec
répétition	8	16	6	0	0
pourcentage%	26,66	53,33	20	0	0

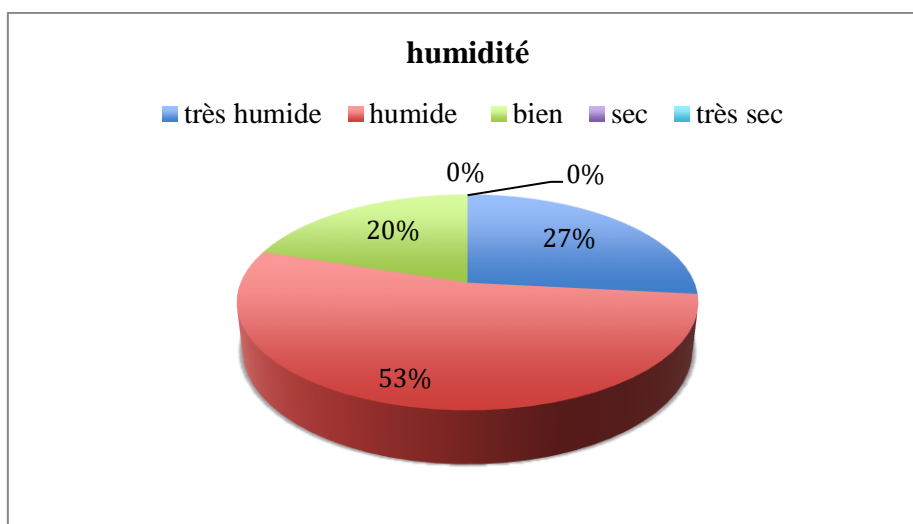


Figure 56 : Niveau de l'humidité

Le graphique en question présente les opinions des personnes interrogées concernant le niveau d'humidité en hiver après avoir ouvert les portes et les fenêtres. Voici une analyse détaillée des résultats fournis :

Humide (50,33%) : La majorité des personnes (50,33%) pensent que l'air devient humide après avoir ouvert les portes et les fenêtres. Ce pourcentage représente l'opinion dominante parmi les sondés.

Très humide (26,66%) : Environ 26,66% des personnes estiment que l'air devient très humide. Ce pourcentage notable indique une préoccupation significative concernant une augmentation excessive de l'humidité après l'ouverture.

Bien (20%) : 20% des sondés trouvent que l'humidité est modérée ou bien ventilée après l'ouverture des portes et des fenêtres. Cela montre qu'une part non négligeable des gens considère la ventilation adéquate et qu'elle ne cause pas une augmentation significative de l'humidité .

Sec (0%) : Personne parmi les sondés ne pense que l'air devient sec après avoir ouvert les portes et les fenêtres.

Très sec (0%) : De même, personne ne pense que l'air devient très sec après l'ouverture.

Conclusion : Il ressort de ce graphique que la plupart des personnes ressentent une augmentation de l'humidité après avoir ouvert les portes et les fenêtres. Près de la moitié d'entre elles considèrent que l'air devient humide, tandis que plus d'un quart pensent que l'air devient très humide. D'autre part, une proportion significative de 20% estime que la ventilation est bonne et ne cause pas une augmentation importante de l'humidité. L'absence d'opinions indiquant que l'air devient sec ou très sec suggère que l'ouverture des portes et des fenêtres contribue largement à une augmentation de l'humidité.

C.8: ensoleillement :

Tableau 19 : niveau d'ensoleillement

ensoleillement	fortement ensoleillé	ensoleillé	adéquat	faiblement ensoleillé	pas de soleil
répétition	4	12	4	8	2
pourcentage%	13,33	40	13,33	26,66	6,66

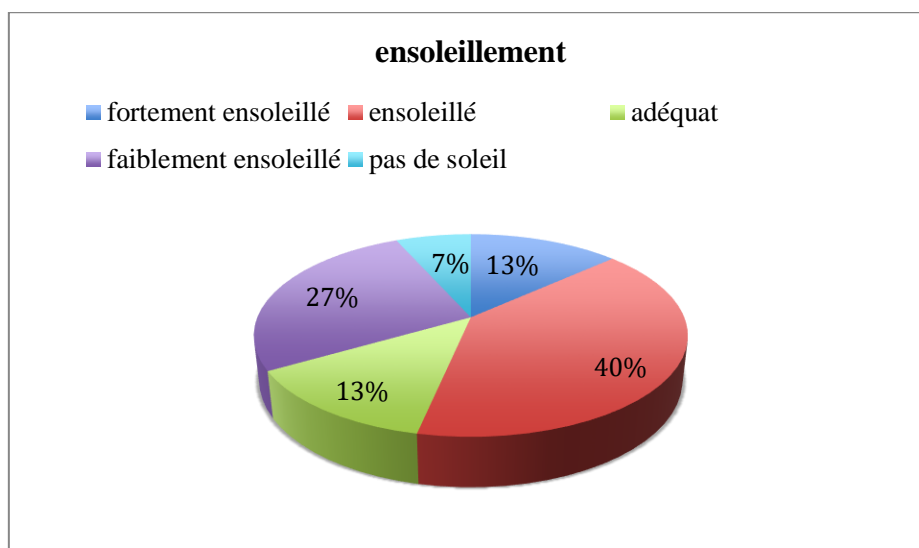


Figure 57 : niveau d'ensoleillement

Ce diagramme illustre l'ensoleillement après l'ouverture des portes et des fenêtres en hiver. Voici un résumé des opinions exprimées :

Ensoleillé : 40% des personnes estiment que l'ensoleillement est adéquat après l'ouverture, ce qui représente la plus grande proportion.

Faiblement ensoleillé : 26% des personnes trouvent que l'ensoleillement est faible après l'ouverture.

Fortement ensoleillé : 13,33% des personnes jugent que l'ensoleillement est très fort après l'ouverture.

Adéquat : 13,33% des personnes trouvent que l'ensoleillement est adéquat après l'ouverture.

Pas de soleil : 6,66% des personnes estiment qu'il n'y a pas de soleil après l'ouverture.

Ce diagramme montre une variété d'opinions sur l'ensoleillement après l'ouverture des portes et des fenêtres en hiver, avec une majorité relative trouvant que l'ensoleillement est adéquat ou ensoleillé.

C.9 : Niveau du confort thermique de classe :

C.9.1 : en été , le matin

Tableau 20 : en été , le matin

en été le matin	confortable	légèrement inconfortable	inconfortable	très inconfortable
répétition	10	6	12	2
pourcentage%	33,33	20	40	6,66

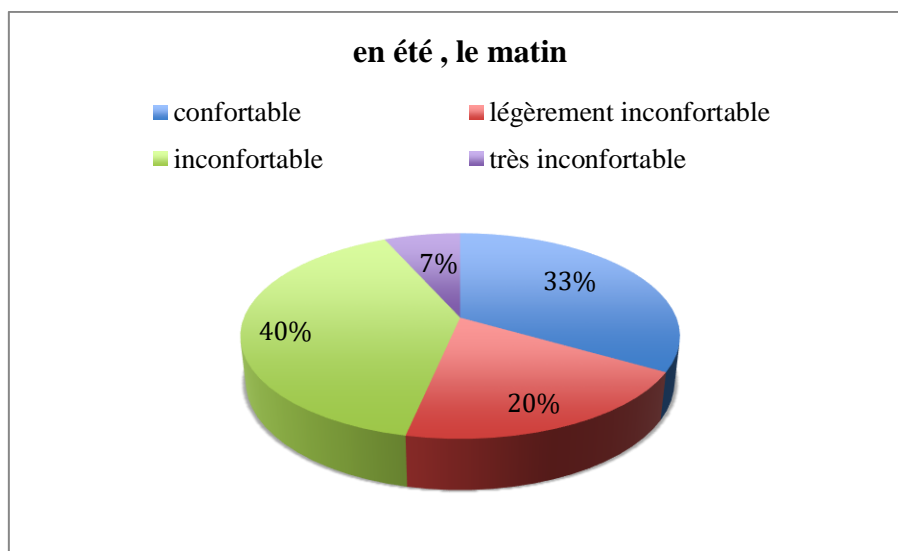


Figure 58 : en été , le matin

Ce graphique illustre le niveau de satisfaction des étudiants concernant le confort thermique à l'intérieur de la salle de classe pendant les matinées d'été.

Le diagramme circulaire est divisé en quatre parties, chacune représentant un pourcentage spécifique des réponses des personnes interrogées. Voici une analyse détaillée :

Très inconfortable (40%) : La majorité écrasante des répondants, soit 40%, estiment que le confort thermique à l'intérieur de la salle de classe n'est pas du tout confortable. Cela indique un niveau élevé de mécontentement quant à la température ambiante.

Un peu inconfortable (20%) : 20% des répondants pensent que le confort thermique n'est pas tout à fait confortable. Ce groupe représente une proportion significative de personnes insatisfaites mais pas aussi fortement que le premier groupe.

Très inconfortable (6.66%) : Une minorité de 6.66% des répondants trouvent le confort thermique très inconfortable. Ce pourcentage montre une perception très négative de la température à l'intérieur de la salle de classe.

Confortable (33.33%) : 33.33% des répondants estiment que le confort thermique est satisfaisant pour eux. Cela indique qu'un tiers des personnes interrogées trouvent la température à l'intérieur de la salle de classe confortable.

En résumé, une majorité importante des étudiants (40%) trouve le confort thermique très insatisfaisant, suivie par ceux qui le trouvent un peu inconfortable (20%). Une minorité considère la température comme très inconfortable (6.66%), tandis qu'un tiers (33.33%) est satisfait du confort thermique. Ces résultats soulignent l'importance d'améliorer les conditions thermiques pour répondre aux attentes des étudiants et assurer un environnement d'apprentissage optimal.

C.9.2: en été ,l'après midi :

Tableau 21 : en été , l'après midi

en été l'après midi	confortable	légèrement inconfortable	inconfortable	très inconfortable
répétition	1	10	12	7
pourcentage%	3,33	33,33	40	23,33

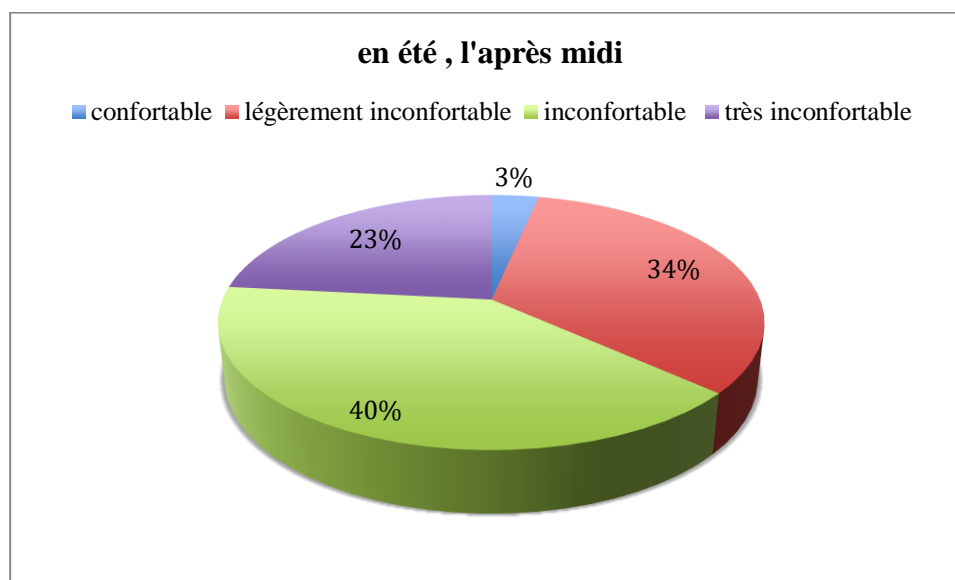


Figure 59 : en été , l'après midi

Ce graphique montre le niveau de satisfaction des étudiants concernant le confort thermique à l'intérieur de la salle de classe pendant l'après-midi en été.

Le diagramme circulaire est divisé en quatre parties, chacune représentant un pourcentage spécifique des opinions des répondants

Très inconfortable (40%) :La majorité écrasante des répondants, soit 40%, estiment que le confort thermique à l'intérieur de la salle de classe n'est pas du tout satisfaisant. Cela indique un fort mécontentement généralisé quant à la température.

Légèrement inconfortable (33.33%) :33.33% des répondants trouvent que le confort thermique n'est que légèrement inconfortable. Cette proportion est significative mais inférieure à la majorité.

Confortable (3.33%) :Seulement 3.33% des répondants trouvent le confort thermique satisfaisant. C'est une minorité très petite qui exprime une satisfaction.

Très inconfortable pour certains (23.33%) :23.33% des répondants estiment que le confort thermique est très inconfortable pour eux. Cette catégorie montre une insatisfaction marquée mais pas aussi extrême que la majorité.

En conclusion, la plupart des étudiants (40%) trouvent que le confort thermique à l'intérieur de la salle de classe pendant l'après-midi en été est très insatisfaisant. Une proportion significative (33.33%) le trouve légèrement inconfortable, tandis que seulement une petite minorité (3.33%) le trouve confortable. Il y a également une partie (23.33%) qui le trouve très inconfortable pour eux. Ces résultats soulignent l'importance d'améliorer les conditions de confort thermique pour optimiser l'environnement d'apprentissage des étudiants pendant les mois chauds.

C.9.3 : en hiver , le matin :

Tableau 22 : en hiver , le matin

en hiver le matin	confortable	légèrement inconfortable	inconfortable	très inconfortable
répétition	13	4	8	5
pourcentage%	43,33	13,33	26,66	16,66

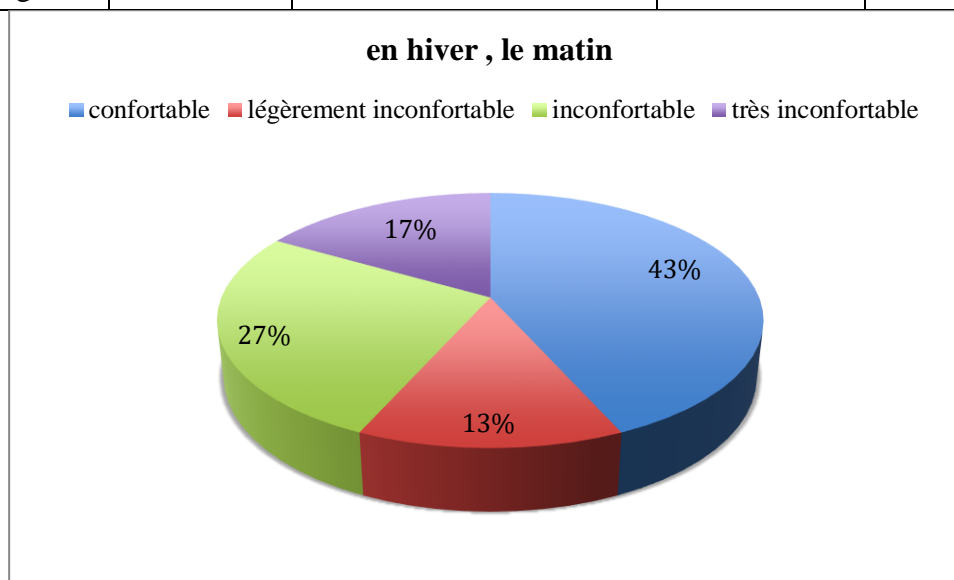


Figure 60 : en hiver , le matin

Ce graphique montre le niveau de satisfaction des étudiants concernant le confort thermique à l'intérieur de la salle de classe pendant les matins d'hiver .

Le diagramme circulaire est divisé en quatre parties, chacune représentant un pourcentage spécifique des opinions des personnes. Voici une analyse détaillée :

Majorité écrasante (43.33%) : La majorité écrasante des répondants, soit 43.33%, trouvent que le confort thermique à l'intérieur de la salle de classe est confortable. Cela indique que la plupart des étudiants sont satisfaits de la température ambiante.

Légèrement confortable (13.33%) : 13.33% des répondants pensent que le confort thermique n'est pas tout à fait satisfaisant. Cette proportion est relativement faible mais significative, indiquant une légère insatisfaction.

Inconfortable (26.66%) : 26.66% des répondants trouvent que le confort thermique n'est pas du tout satisfaisant. Cela montre qu'une proportion notable d'étudiants ressentent un inconfort thermique.

Très inconfortable (16.66%) : 16.66% des répondants trouvent que le confort thermique est très inconfortable pour eux. Cette minorité significative exprime un niveau élevé d'inconfort thermique.

En résumé, une majorité écrasante (43.33%) des étudiants est satisfaite du confort thermique en classe le matin pendant l'hiver. Cependant, une partie significative exprime divers degrés d'insatisfaction, allant de légèrement inconfortable à très inconfortable. Ces informations peuvent être utilisées par les responsables pour ajuster les systèmes de chauffage et améliorer les conditions de confort thermique dans les salles de classe.

C.9.4 : en hiver , l'après midi :

Tableau 23 :En hiver l'après midi

en hiver l'après midi	confortable	légèrement inconfortable	inconfortable	très inconfortable
répétition	10	8	7	5
pourcentage%	33,33	26,33	23,33	16,66

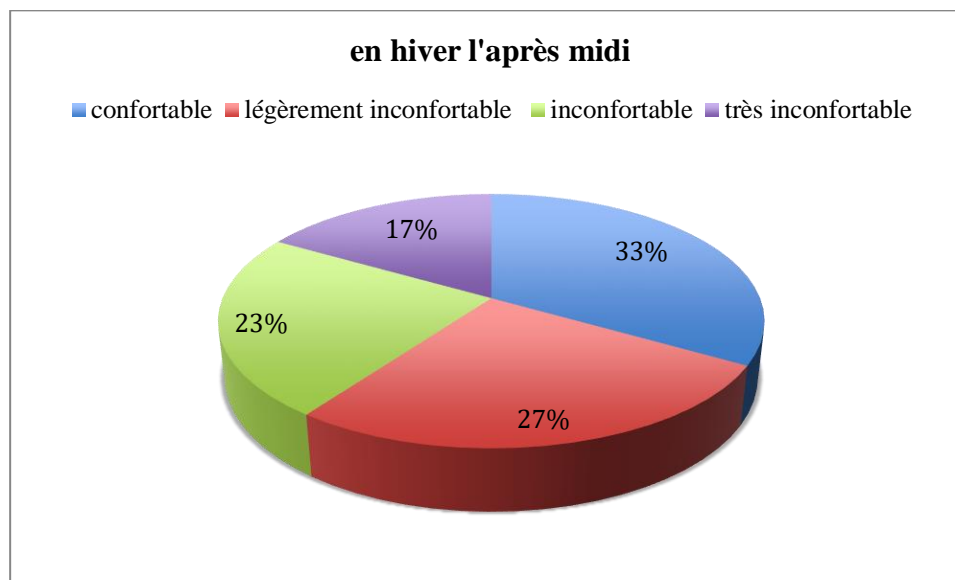


Figure 61 : En hiver l'après midi

Ce graphique illustre le niveau de satisfaction des étudiants quant au confort thermique dans la salle de classe en hiver, l'après-midi. Le diagramme circulaire est divisé en quatre segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes interrogées. Voici une analyse détaillée de ce graphique : Confortable (33.33%) : La majorité des répondants, soit 33.33%, estiment que le confort thermique dans la salle de classe est satisfaisant. Cela indique que la plus grande proportion des étudiants se sent à l'aise avec la température en hiver l'après-midi.

Légèrement inconfortable (26.33%) : 26.33% des répondants trouvent que la température est légèrement inconfortable. Cela montre qu'une proportion significative des étudiants ressent une légère gêne thermique.

Inconfortable (23.33%) : 23.33% des répondants considèrent que le confort thermique est inconfortable. Cela représente une portion notable d'étudiants qui ne sont pas satisfaits de la température.

Très inconfortable (16.66%) : 16.66% des répondants pensent que le confort thermique est très inconfortable. Bien que représentant la minorité, ce groupe montre qu'il y a des étudiants qui éprouvent un grand inconfort thermique.

En résumé, bien que la plus grande proportion d'étudiants (33.33%) trouve le confort thermique adéquat, une part importante ressent divers degrés d'inconfort : légèrement inconfortable (26.33%), inconfortable (23.33%) et très inconfortable (16.66%). Ces informations peuvent être utiles pour les responsables des installations afin d'ajuster les systèmes de chauffage et d'améliorer le confort des étudiants en hiver.

C.10 : l' environnement thermique en classe :

Tableau 24 : le satisfait de environnement en classe

êtes-vous satisfait de votre environnement thermique en classe	oui	non
répétition	5	25
pourcentage%	16,66	83,33

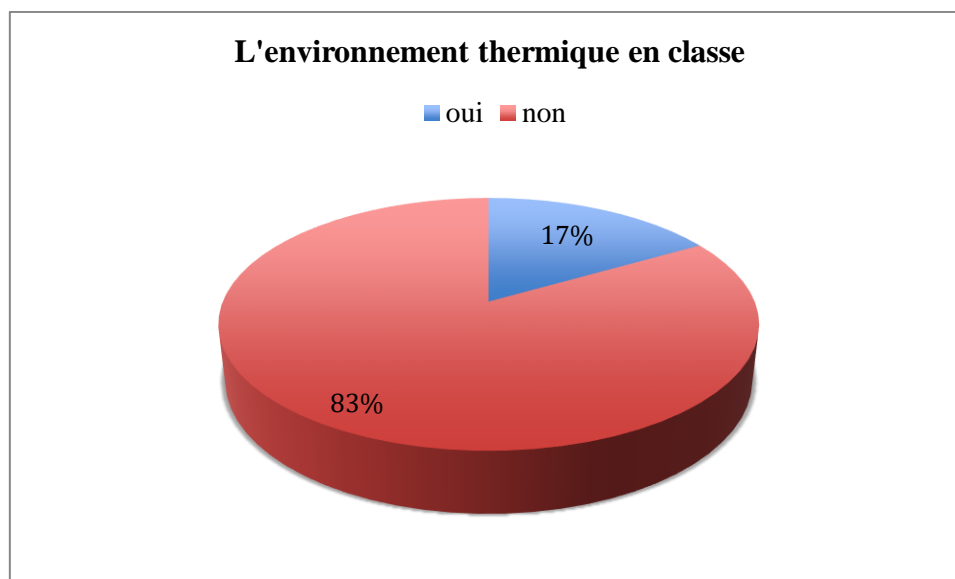


Figure 62 : le satisfait de environnement en classe

Ce graphique illustre le degré de satisfaction des étudiants concernant l'environnement thermique dans la salle de classe. Le diagramme circulaire est divisé en deux segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des répondants. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

La majorité écrasante (83%) : 83% des répondants estiment que l'environnement thermique dans la salle de classe est insatisfaisant. Cela indique que la grande majorité des étudiants ne sont pas à l'aise avec la température actuelle de leur salle de classe.

La minorité (17%) : 17% des répondants trouvent que l'environnement thermique est quelque peu satisfaisant. Ce groupe, bien que beaucoup plus petit, montre qu'il y a une petite proportion d'étudiants qui trouvent la température acceptable.

En résumé, une écrasante majorité d'étudiants (83%) sont insatisfaits de l'environnement thermique dans leur salle de classe, tandis qu'une petite minorité (17%) le trouve quelque peu satisfaisant. Ces informations peuvent être cruciales pour les responsables éducatifs afin de prendre des mesures pour améliorer les conditions thermiques et ainsi augmenter le confort et la satisfaction des étudiants.

C.11: la possibilité d'agir sur l'ambiance thermique de classe :

C.11.1 : Ouverture , fermeture une fenêtre :

Tableau 25: la possibilité d'ouvrir , fermer une fenêtre

ouvrir, fermer une fenêtre	oui	non
répétition	25	5
pourcentage%	83,33	16,66

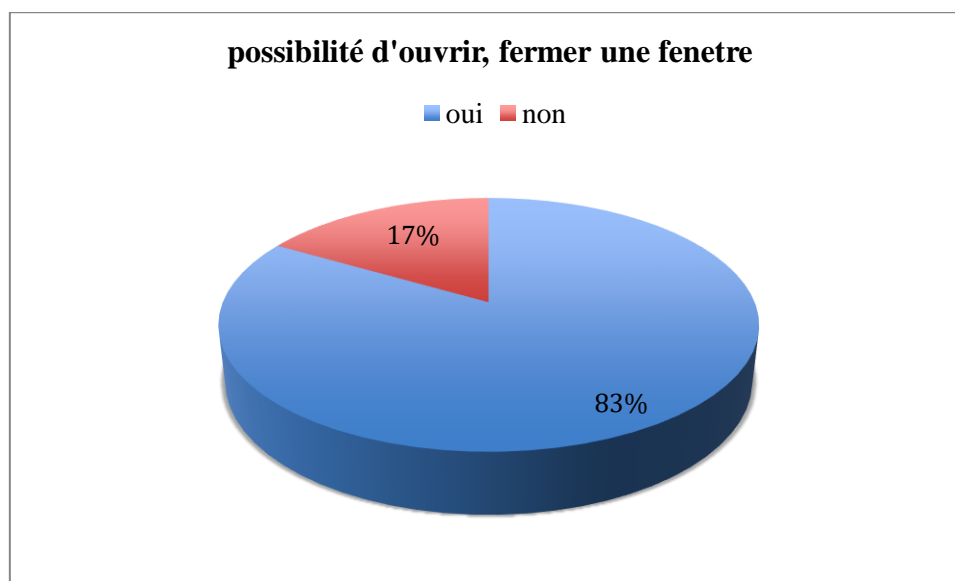


Figure 63 : la possibilité d'ouvrir , fermer une fenêtre

Ce graphique illustre la capacité perçue d'influencer l'environnement thermique en ouvrant et fermant les fenêtres dans une salle de classe. Le diagramme circulaire est divisé en deux segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes interrogées. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Majorité écrasante (83%) : 83% des répondants croient qu'il est possible d'influencer l'environnement thermique en ouvrant et fermant les fenêtres. Cela indique que la grande majorité des personnes pensent que cette méthode est efficace pour réguler la température dans la salle de classe.

Minorité (12%) : Seulement 12% des répondants pensent qu'il n'est pas possible d'influencer l'environnement thermique de la classe en ouvrant et fermant les fenêtres. Cette minorité considère donc que cette méthode n'a pas d'impact significatif sur la température ambiante.

En conclusion, la majorité écrasante des répondants (83%) estiment que l'ouverture et la fermeture des fenêtres peuvent affecter l'environnement thermique dans la salle de classe, tandis qu'une petite minorité (12%) pense le contraire. Ces informations peuvent être utiles pour les gestionnaires d'installations scolaires qui cherchent à améliorer le confort thermique des élèves par des moyens simples et efficaces.

C.11.2 : Ouverture, fermeture une porte :

Tableau 26: possibilité de ouvrir , fermer une porte

ouvrir, fermer une porte	oui	non
répétition	25	5
pourcentage%	83,33	16,66

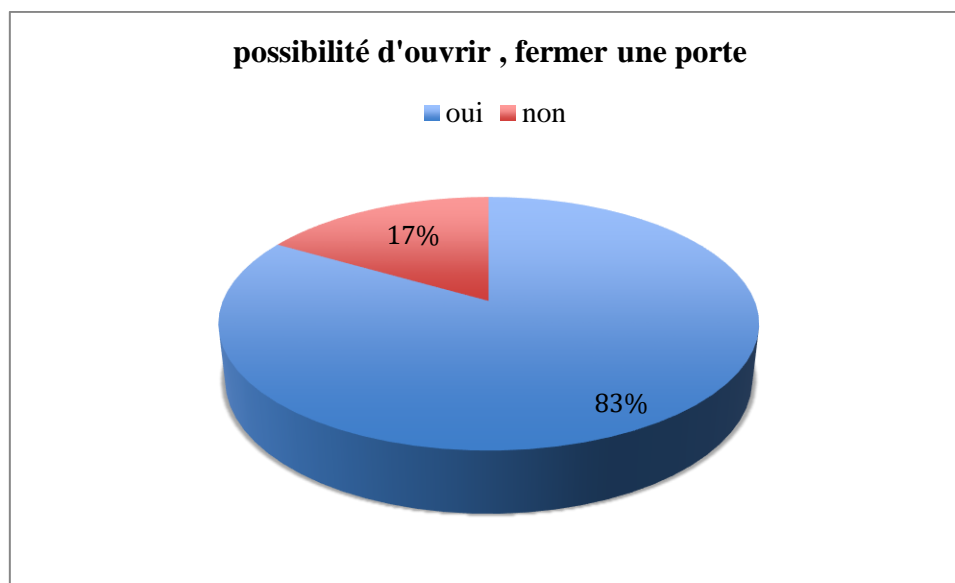


Figure 64 : possibilité de ouvrir , fermer une porte

Ce graphique illustre l'influence perçue de l'ouverture et de la fermeture des portes sur l'environnement thermique en classe. Le diagramme circulaire est divisé en deux segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes interrogées. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Majorité écrasante (83%) : 83% des répondants pensent que l'on peut influencer l'environnement thermique en ouvrant et en fermant les portes. Cela montre que la grande majorité des personnes croient en l'efficacité de cette méthode pour réguler la température en classe.

Minorité (12%) : 12% des répondants estiment qu'on ne peut pas influencer l'environnement thermique en ouvrant et en fermant les portes. Cette minorité pense que cette méthode n'a pas d'impact significatif sur la température en classe.

En résumé, une grande majorité (83%) des personnes interrogées croient que l'ouverture et la fermeture des portes peuvent affecter l'environnement thermique de la classe, tandis qu'une petite minorité (12%) pense le contraire. Ces informations peuvent être utiles pour les enseignants et les gestionnaires des établissements scolaires afin d'optimiser les stratégies de régulation de la température en classe.

C.11.3 : utiliser les protections solaires (rideaux ou stores).....

Tableau 27 : possibilité utiliser les protection solaires (rideaux ou stores).....

utiliser les protection solaires (rideaux ou stores)	oui	non
répétition	12	18
pourcentage	40	60

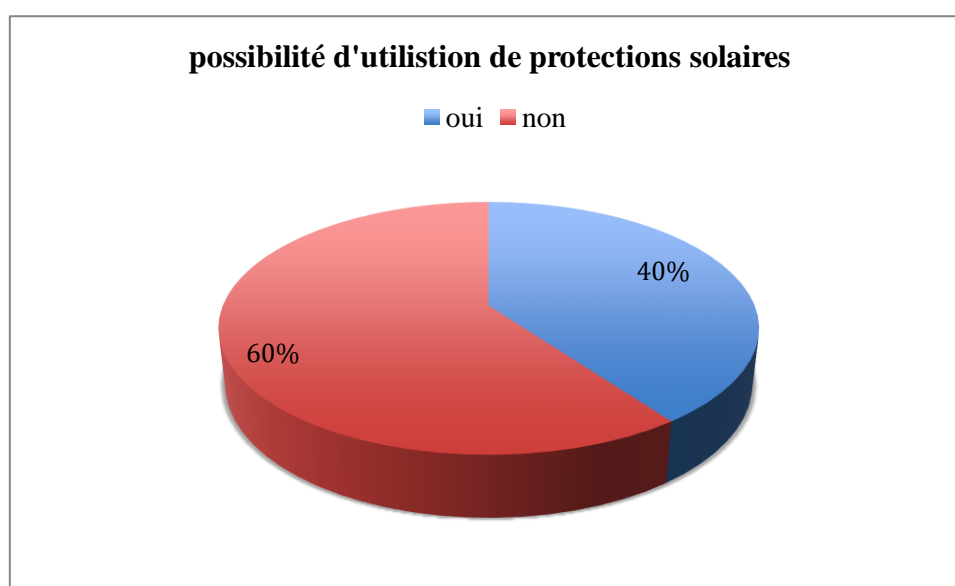


Figure 65 : possibilité utiliser les protection solaires (rideaux ou stores).....

Ce graphique illustre l'efficacité perçue de l'utilisation des moyens de protection solaire selon les répondants. Le diagramme circulaire est divisé en deux segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes interrogées. Voici une analyse détaillée de ce graphique: La majorité (60%) :60% des répondants estiment que l'utilisation des moyens de protection solaire n'est pas efficace. Cela représente la majorité des opinions, indiquant une perception largement négative quant à l'efficacité de ces moyens.

La minorité (40%) :40% des répondants pensent qu'il est possible d'utiliser efficacement les moyens de protection solaire. Cela montre qu'une proportion significative, bien que minoritaire, croit en l'efficacité de ces moyens.

En résumé, la majorité des personnes interrogées (60%) considèrent que les moyens de protection solaire ne sont pas efficaces, tandis que 40% pensent le contraire. Ces informations peuvent être utiles pour les décideurs et les éducateurs dans l'élaboration de stratégies pour améliorer la perception et l'utilisation des moyens de protection contre le soleil.

C.11.4: contrôler le fonctionnement d'un ventilateur :

Tableau 28 : possibilité de contrôler le fonctionnement d'un ventilateur

contrôler le fonctionnement d'un ventilateur	oui	non
répétition	7	23
pourcentage%	23,33	76,66

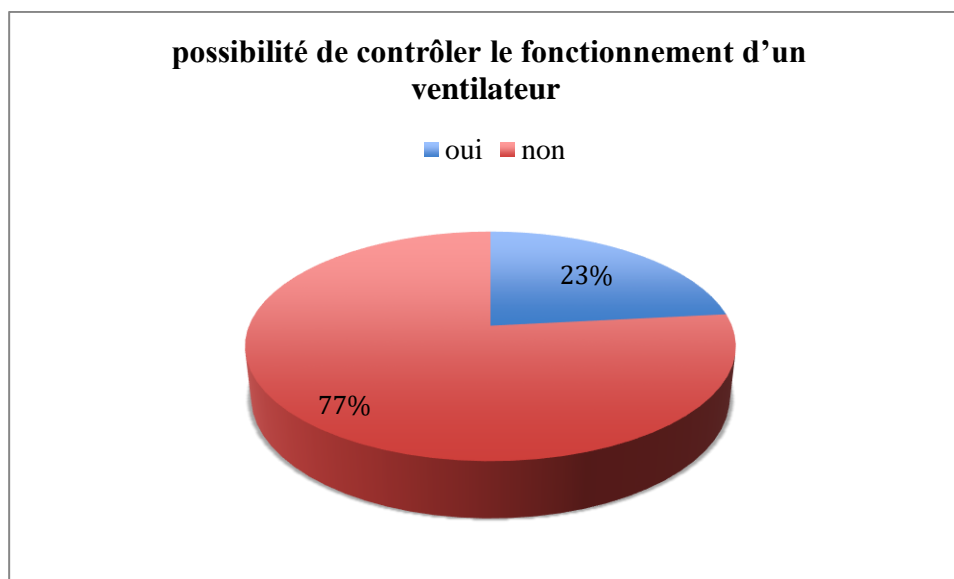


Figure 66 : possibilité de contrôler le fonctionnement d'un ventilateur

Ce graphique illustre le degré de contrôle sur les fonctions du ventilateur en classe, divisé en deux segments représentant les opinions des personnes interrogées. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Majorité (77%) : 77% des répondants pensent qu'il n'est pas possible de contrôler le fonctionnement du ventilateur. Cela indique une conviction générale parmi la majorité que le ventilateur ne peut pas être ajusté ou contrôlé selon leurs préférences.

Minorité (23%) : 23% des répondants pensent qu'il est possible de contrôler le fonctionnement du ventilateur. Cela montre qu'une minorité des personnes interrogées croient qu'elles ont la capacité de régler ou d'ajuster le ventilateur.

En conclusion, la majorité des personnes (77%) estime qu'elles ne peuvent pas contrôler le ventilateur en classe, tandis qu'une minorité significative (23%) croit qu'elles en ont le contrôle. Ces informations peuvent aider les responsables à comprendre les perceptions des utilisateurs et à envisager des améliorations pour permettre un meilleur contrôle des conditions de confort en classe.

C.11.5: contrôler le fonctionnement d'un radiateur

Tableau 29 : possibilité de contrôler le fonctionnement d'un radiateur

contrôler le fonctionnement d'un radiateur	oui	non
répétition	5	25
pourcentage%	16,66	83,33

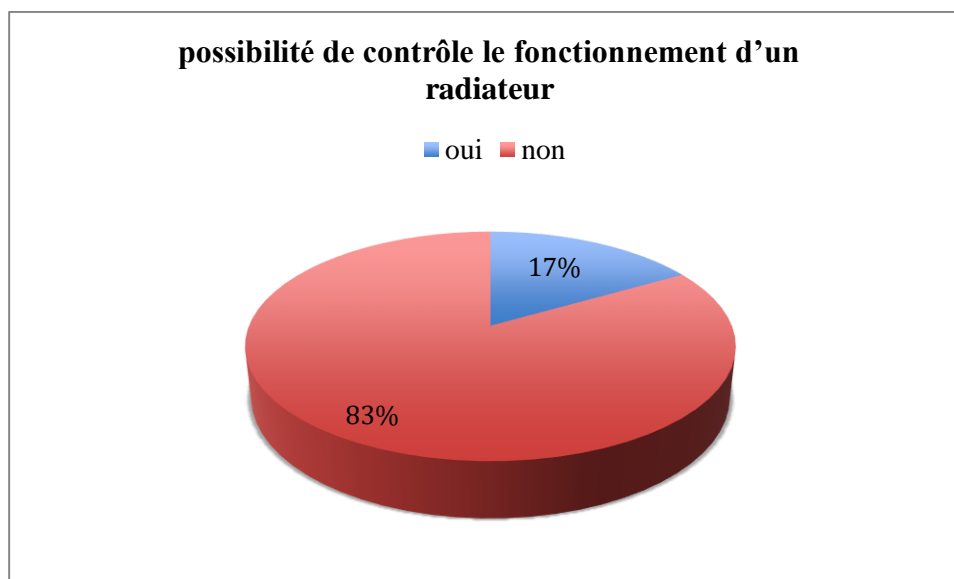


Figure 67 : possibilité de contrôler le fonctionnement d'un radiateur

Ce graphique illustre la capacité à contrôler les fonctions d'un radiateur dans une salle de classe. Le diagramme circulaire est divisé en deux segments, chacun représentant un pourcentage des opinions des personnes interrogées. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Majorité écrasante (83%) : La plus grande proportion des répondants, soit 83%, pense qu'il est impossible de contrôler le fonctionnement du radiateur. Cela indique une croyance générale parmi la majorité quant à l'absence de possibilité de réguler le radiateur.

Minorité (17%) : Seuls 17% des répondants pensent qu'il est possible de contrôler le fonctionnement du radiateur. Ce petit pourcentage montre qu'il y a une minorité de personnes qui croient en la possibilité de réguler le radiateur, mais ils représentent une petite fraction de l'ensemble.

En résumé, la majorité écrasante des personnes (83%) estime qu'il n'y a pas de possibilité de contrôler le radiateur, tandis qu'une minorité (17%) croit le contraire. Ces informations peuvent être utiles pour les administrateurs scolaires et les gestionnaires de bâtiments afin d'évaluer la perception des utilisateurs et d'envisager des améliorations dans le système de radiateur pour permettre un meilleur contrôle et un confort accru.

C.11.6: contrôle le fonctionnement d'un climatisation :

Tableau 30 : possibilité de contrôle le fonctionnement d'un climatisation

contrôler le fonctionnement d'un climatisation	oui	non
répétition	10	20
pourcentage	33,33	66,66

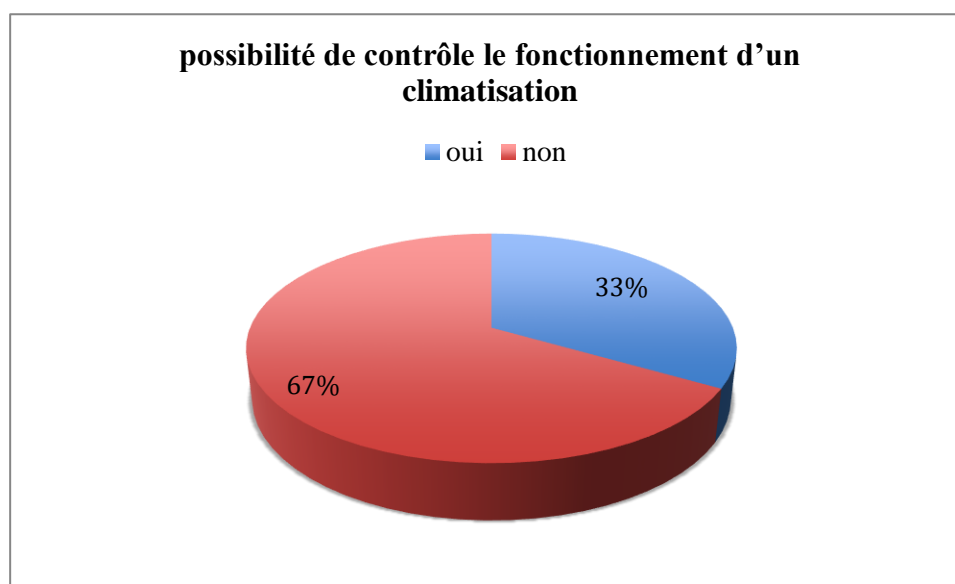


Figure 68 : possibilité de contrôle le fonctionnement d'un climatisation

Ce graphique illustre la capacité de contrôler les fonctions du climatiseur, divisé en deux segments représentant les opinions des personnes interrogées. Voici une analyse détaillée de ce graphique :

Contrôle possible (33%) : 33% des personnes interrogées pensent qu'il est possible de contrôler les fonctions du climatiseur. Cela signifie qu'une minorité significative des participants estiment avoir la possibilité de régler la température, la vitesse du ventilateur, ou d'autres paramètres du climatiseur.

Contrôle impossible (67%) : 67% des personnes interrogées pensent qu'il n'est pas possible de contrôler les fonctions du climatiseur. Cela indique que la majorité des participants estiment ne pas avoir la capacité de modifier les paramètres du climatiseur dans leur environnement.

En résumé, une majorité (67%) des personnes interrogées pensent qu'elles ne peuvent pas contrôler les fonctions du climatiseur, tandis qu'un tiers (33%) estime qu'elles ont cette capacité. Ces informations peuvent aider les gestionnaires à comprendre les besoins de contrôle de la climatisation par les utilisateurs et à envisager des améliorations pour augmenter le confort et la satisfaction des occupants.

Synthèse des résultats du questionnaire :

Selon tous les répondants, nous pouvons dire que le niveau de confort thermique dans la salle est quasiment inexistant et estimé à environ 25%. Cela est dû à plusieurs facteurs externes et internes. Les répondants ont ressenti que la salle était très chaude et humide à 50%, et que le flux

Chapitre IV : Etude de cas existant

d'air était faible malgré l'ouverture des portes et des fenêtres. Cela est dû à sa configuration et aux conditions météorologiques extérieures. Une grande majorité des répondants, pouvant atteindre 80%, pensent que la température a un impact sur les élèves et les enseignants. De même, ils confirment perdre leur concentration et ressentir de la fatigue en raison des variations de température, ce qui conduit à des résultats négatifs et des comportements aléatoires des élèves. Par conséquent, ces résultats confirment que la température est le premier facteur qui influence les élèves, les enseignants et leurs efforts.

Analyse et solution technique

Pour mesurer les performances isolantes d'un matériau, il faut s'attacher à regarder sa résistance thermique (représentée par la valeur R) ainsi que le déphasage thermique.

La résistance thermique exprime le ratio entre :

- la conductivité thermique (représentée par le coefficient lambda λ) , un matériau conducteur favorise les échanges thermiques alors qu'un matériau avec une faible conductivité les limite.
- l'épaisseur du matériau. En général, plus l'épaisseur est importante, plus l'isolant est efficace.

À cela, il faut ajouter le déphasage thermique exprimé en heures. Il s'agit de la faculté à faire barrage ou non à la chaleur en fonction de l'épaisseur de l'isolant. Cette donnée est très importante à prendre en compte pour bien isoler une classe contre la chaleur.

IV.5.2.Évaluation objective : (mesures thermique)

La deuxième méthode consiste en une évaluation objective à travers des mesures thermiques avec la thermomètre en trois points de la salle nous avons obtenu les résultats suivants :

En : 20/06/2024 on 11:30

T₁ : 26°, T₂ : 26° , T₃ : 27° ,

Et après nous avons mesuré la température de l'extérieur

T_{ext} : 28°

• thermomètre :

un thermomètre est un instrument utilisé pour mesurer la température , il existe plusieurs types de thermomètres chacun utilisant un principe physique différent pour effectuer cette mesure

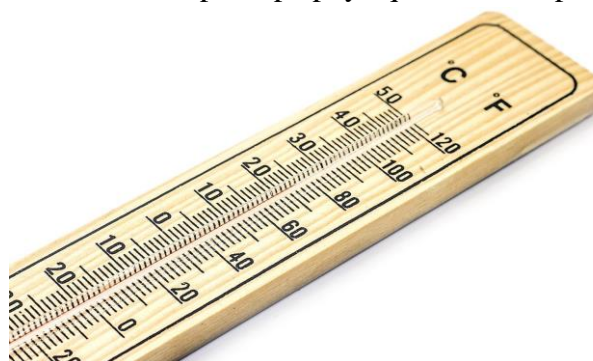


figure 69 : thermomètre à mercure

<https://www.futura-sciences.com/>

Calcul des déperditions calorifique surfaciques :

$$Q = s \cdot k \cdot \Delta T$$

Q : flux de chaleur (w/m²)

S : dépend de surface du mur (m²)

K : Coefficient de transmission thermique (w/m²k)

Chapitre IV : Etude de cas existant

ΔT : différence de température entre int et ext

$k=1/R_t$; $R=e/\lambda$

R ; la résistance thermique($m^2.K/W$)

e ; épaisseur de matériau

λ ; la conductivité thermique($\frac{W}{m} . K$)

Tableau 31 : la coefficient des matériaux

Type Matériau	λ	e	R
Brique	0.2	0.1	0.5
Brique	0.3	0.15	0.5
verre	1.15	0.5	2.3
liège	0.05	0.025	5
bois	0.15	0.12	1.25

Auteur 2024

Tableau 32 : Dimensionnement de la salle 11

Elements	H(m)	L(m)	S(m^2)
Mur1	3.9	8.9	34.71
Mur2	3.9	6.8	26.52
Mur3	2.36	10.5	24.78
Mur4	3.32	6.8	22.57
Fenêtre Mur3	1.53	4.98	7.61
Fenêtre Mur4	0.55	3.15	1.73
porte	2.78	1.53	4.25

Auteur 2024

Tableau 33 : déperdition avant la correction

type de surface	Matériau	s (m^2)	K($W/m^2.k$)	ΔT	Q(w/m^2c°)
Mur1	Brique	34.71	2	2	138.84
Mur2	Brique	26.52	2	2	106.08
Double mur3	Brique	22.57	1	2	1354.2
Double mur4	Brique	26.52	1	2	1591.2
fenetre mur3	verre	10.95	2.3	2	50.37
fenetre mur4	verre	6.93	2.3	2	31.87
Porte	bois	4.25	1.25	2	10.62

Auteur 2024

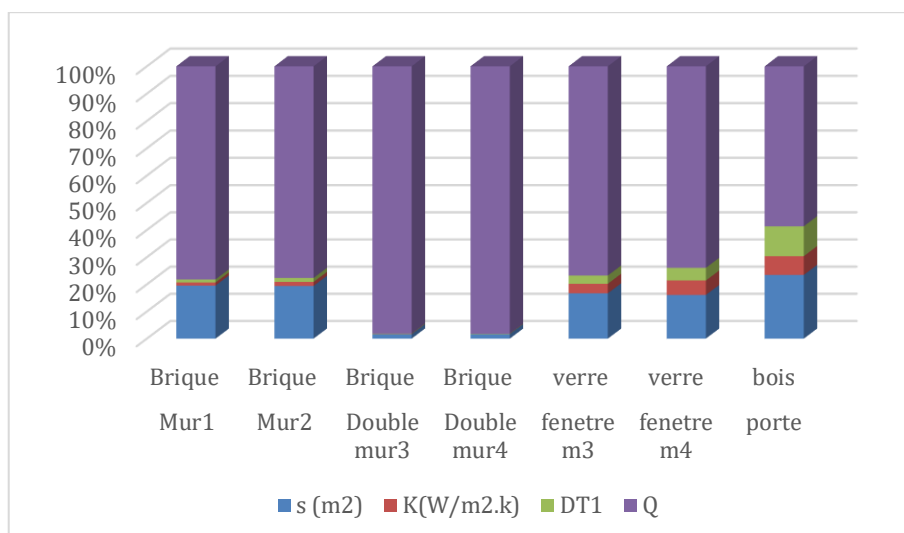


Figure 70 : Flux de chaleur

Analyse :

L'axe horizontal représente les différents types de murs ou d'éléments de construction. Ils sont les suivants :

Mur1 - Mur en briques

Mur2 - Mur en briques

Mur3 - Mur en briques double

Mur4 - Mur en briques

- Fenêtre en verre

- Porte en bois

L'axe vertical représente le pourcentage de flux de chaleur, avec une gradation de 0% à 100%.

Composants des barres

Chaque barre dans le graphique est divisée en deux parties :

La partie bleue représente S (cm²) La partie orange représente Q (KWh/m²/K)

Analyse des données

Mur1 et Mur2 (murs en briques) : Les deux montrent une grande proportion de flux de chaleur, avec la partie orange (Q) constituant la majorité de la barre.

Mur3 et Mur4 (murs en briques doubles) : Il y a une diminution notable du flux de chaleur par rapport aux murs en briques, avec une proportion moindre de la partie orange.

Fenêtre (fenêtre en verre) : Les fenêtres en verre double sont similaires à Mur3 et Mur4 en termes de proportions de flux de chaleur, avec une partie orange relativement plus grande.

Porte (porte en bois) : La porte montre un flux de chaleur moindre par rapport aux murs en briques et aux fenêtres en verre double, ce qui indique une meilleure performance en termes d'isolation thermique.

Conclusions

Les murs en briques (Mur1 et Mur2) permettent un plus grand flux de chaleur comparé aux autres matériaux.

Les fenêtres en verre double (Mur3, Mur4, Fenêtre) offrent une meilleure isolation thermique comparée aux murs en briques, mais permettent tout de même un certain flux de chaleur. La porte en bois (Porte) est la meilleure en termes d'isolation thermique parmi les matériaux présentés.

Proposition d'un matériau isolant :

Pour limiter les déperditions thermiques dans la salle 11, augmenter le confort des étudiants et des enseignants, il est essentiel d'avoir une bonne isolation thermique.

L'isolation par l'intérieur, a été privilégié où l'isolant sera alors protégé par des plaques de plâtre.

Quelles zones isoler thermiquement ?

Les zones mal isolées où les déperditions thermiques sont plus importantes et où il y a un pont thermique sont :

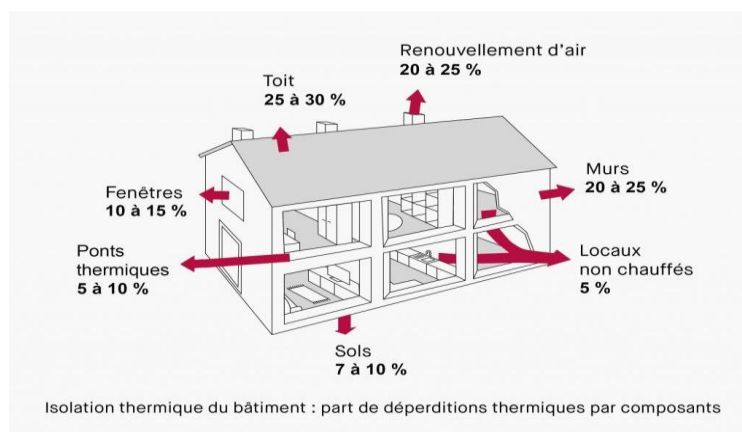


Figure 71 : Les zones isoler thermiquement

Les planchers sont responsables de la plus grande part de déperditions thermiques. Viennent juste derrière, les murs qui peuvent constituer une priorité pour obtenir un local bien isolé.

Le remplacement des fenêtres est la priorité suivante prévoyant d'avoir un double ou un triple vitrage ou quand les menuiseries sont détériorées. Le renouvellement d'air représente également une part non négligeable des déperditions thermiques mais c'est un processus indispensable pour évacuer les polluants et l'humidité dans l'air donc une déperdition acceptable.

Dans notre cas l'intervention principale a été sur les parois et les fenêtres, étant donné que l'intervention sur les planchers nécessite des travaux lourds et qui peuvent coûter cher et prendre beaucoup de temps

Le choix de matériau :

En matière de performances thermiques, les matériaux usuels assurant la fonction porteuse, comme le béton, le parpaing et la brique présentent un faible pouvoir isolant. Il faut leur ajouter un isolant thermique : **Le liège**, Ce matériau isolant peut être posé à l'intérieur de la classe, et protégé par des plaques de plâtre. Il s'agit d'une isolation thermique des murs par l'intérieur.

Le choix de ce matériau dépend de ses propriétés

- - Propriétés du liège comme isolant

- Isolation thermique, phonique et anti vibratile
- Imputrescible
- Matériau sain
- Adapté aux pièces humides
- Hydrofuge
- Ininflammable
- Etanche

Chapitre IV : Etude de cas existant

- Résistance mécanique (compression, dilatation, flexion)
- 100% recyclable
- biodégradable
- durabilité dans le temps
- bonne résistance aux parasites aux rongeurs et aux acides
- isolants à très haut déphasage thermique (13h)c

➤ **Caractéristiques techniques :**

Tableau 34 : les caractéristique technique de liège

Composition	100%
Longueur x largeur (cm)	100*50(soit 0, 5m2)
Epaisseur (mm)	20, 30, 40,50, 60,80,100
Densité (kg/m³)	±120
Conductivité thermique λ (w/mC°)	0,032 à 0,042 (selon séchage)
Perméabilité à la vapeur d'eau μ	5-30
Résistance à la compression (kg/cm²)	0,2
Tension de rupture par flexion (kg/cm²)	1,8
Tension de rupture par traction (kg/cm²)	0,6
Résistance au feu (EN13501-1)	Classe E (marquage CE EN 13170)
Prix moyen public TTC	921,26Da/m ² (ep ;25mm)

Despace.unv-medea.dz

Application des panneaux de liège dans les murs intérieurs

Tableau 35 : les étapes de mise en place du matériau

Etapas	Détails
Préparation du Mur	-le mur doit etre propre, sec et lisse, aucune trace de saleté, poussière ou peinture écaillée ne doit etre présente
Nettoyage le mur	-le nettoyage est impératif.
Réparation des imperfections	-Bouchage de tous orifices, trous, fissures avec un enduit de rebouchage, ponçage pour obtenir une surface plane.
Mesure et Découpage	-Mesurage pour déterminer la quantité de liège nécessaire. Découpage des panneaux de liège aux dimensions nécessaires. (prises électriques et interrupteurs doivent etre pris en compte)
Application de la Colle	-Avec une couche uniforme de colle pour liège sur le mur avec une spatule crantée. Application de la colle sur une petite section du mur à la fois pour éviter qu'elle ne sèche avant l'application du liège.
Pose des Panneaux	- le premier panneau de liège doit etre placer en haut du mur bien droit et appuyer fermement pour presser et éliminer les bulles d'air
Finitions:	-Une fois tous les panneaux en place, ajuster les bords et obtenir une finition nette.
Coupe des bords	
Nettoyage	Nettoyage de tout excès de colle.

Calcul des déperdition calorifique avec isolant :



Figure 72 : Lieu de mesure de la température

Source :auteur 2024

Tableau 36 : déperdition après la correction

types de surface	Matériau	s (m2)	K(W/m2.k)	DT1	Q
Mur1	Brique+Liège	34.71	1.2	2	83.304
Mur2	Brique+Liège	26.52	1.2	2	63.648
Double Mur3	Bri+Liège	22.57	0.18	2	8.1252
Double Mur4	Biton+Liège	26.52	0.18	2	9.5472
fenetre mur 3	verre	10.95	0.2	2	4.38
fenetre mur 4	verre	6.93	0.2	2	2.772
porte	bois	4.25	0.26	2	4.69625

Auteur 2024

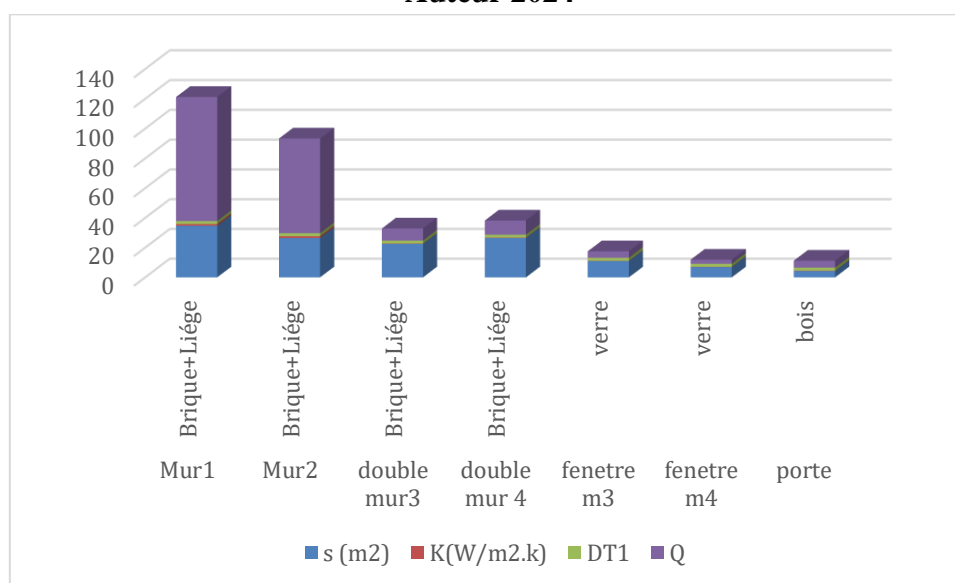


Figure 73 : Flux de chaleur après la correction

Analyse :

L'axe vertical : représente les valeurs du flux de chaleur, qui varient de 0 à 140.

L'axe horizontal : représente les différents matériaux comme :

Mur 1 : Mur 1 (brique + liège)

Mur 2 : Mur 2 (brique + liège)

Double Mur 3 : Mur double 3 (brique + liège)

Double Mur 4 : Mur double 4 (brique + liège)

Fenêtre m3 : Fenêtre m3 (verre)

Fenêtre m4 : Fenêtre m4 (verre)

Porte : Porte (bois)

Légendes et éléments représentés

Les différentes couleurs dans les colonnes représentent différentes variables :

Bleu (S (m²)) : la surface.

Orange (K (W/m².k)) : le coefficient de transfert thermique.

Rouge (DT1) : la différence de température.

Jaune (Q) : le flux de chaleur.

Analyse détaillée :

Mur 1 et Mur 2 : montrent un flux de chaleur élevé par rapport aux autres éléments, avec une augmentation du coefficient de transfert thermique et de la surface, ce qui signifie que la perte de chaleur dans ces murs est élevée malgré l'utilisation du liège.

Double Mur 3 et Double Mur 4 : le flux de chaleur est inférieur à celui de Mur 1 et Mur 2, ce qui indique que les murs doubles sont plus efficaces en termes d'isolation thermique.

Fenêtre m3 et Fenêtre m4 : le flux de chaleur est très faible, ce qui signifie que les fenêtres en verre ont une bonne efficacité thermique après l'ajout du liège.

Porte : le flux de chaleur le plus faible, ce qui indique que les portes en bois sont efficaces en termes d'isolation thermique.

Conclusions :

L'utilisation du liège comme isolant thermique montre un effet clair sur la réduction du flux de chaleur, en particulier dans les murs doubles et les fenêtres.

Les murs simples continuent à subir une perte de chaleur significative par rapport aux murs doubles.

Le verre et le bois sont considérés comme de bons matériaux d'isolation thermique après l'ajout du liège.

Chapitre IV : Etude de cas existant

Calcul du cout des matériau isolant :

Calcul du cout du liège :

Tableau 37 : cout du liège

Matériau	Surface (m ²)	Prix du m ² (DA)	Le cout (DA)
Le liège de 25mm	71.4	921.26DA	6.5777.96DA

Auteur 2024

Isolation des fenêtres

Les fenêtres jouent un rôle important dans la classe pédagogique. Elles servent de rempart aux intempéries, permettent de laisser entrer la lumière et isolent thermiquement et acoustiquement la salle.

En revanche, dans notre cas, les fenêtres sont en mauvais état, mal installées et dotées de vitrages trop fins, elles participent de façon non négligeable aux déperditions thermiques.

Pour améliorer l'isolation de ces fenêtres, on fait recours à :

- Remplacer entièrement les fenêtres existantes, avec les coûts et les travaux que cela implique. On obtiendra alors une bonne isolation phonique et thermique. mais cette solution est couteuse et peut prendre beaucoup de temps vis avis des procédures administratives (appel d'offre...)
- Changer le vitrage des fenêtres en conservant le système actuel. C'est une méthode plus rapide mais elle diminue la perte thermique :

Le **double vitrage** qui diminue l'effet de paroi froide, la condensation et les déperditions thermiques.

Le **double vitrage à isolation renforcée (VIR)** qui a les mêmes caractéristiques isolantes que le double vitrage mais avec un contrôle solaire. De plus, il bloque la chaleur à l'intérieur de la salle afin qu'elle ne s'échappe pas par les fenêtres et évite également les surchauffes estivales.

Calcul du cout de vitrage :

Tableau 11 : cout de vitrage

Matériau	Surface (m ²)	Le cout (DA)
Fenêtre	71.28	570240
Fenêtre	96.8	774400
Fenêtre	157.00	1256640
Fenêtre	348.6	2788800
Fenêtre	153.3	1226400
Fenêtre	184.8	1478400
Total		8094880 DA

Auteur 2024

Conclusion

Ce chapitre met en évidence l'importance cruciale du confort thermique dans les bâtiments pour le bien-être des occupants. Nous avons atteint ce confort thermique en prouvant que le bâtiment était inconfortable de deux manières : de manière directe et indirecte. Nous avons également trouvé des solutions à ce problème, en ajoutant du liège aux murs et en changeant le vitrage des fenêtres. Ainsi, nous avons atteint notre objectif et obtenu une salle confortable sur le plan thermique et économique.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'amélioration du confort thermique dans les salles de cours est essentielle pour optimiser l'apprentissage et le bien-être des étudiants et des enseignants. Le maintien d'une température stable et confortable dans les salles de classe permet de renforcer la concentration, la compréhension et la motivation des étudiants, tout en réduisant les fluctuations de température, les points froids ou chauds, et les problèmes d'humidité.

En Algérie, le problème énergétique est une préoccupation majeure, et la prise en charge des bâtiments existants ainsi que des nouveaux projets de construction est cruciale pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire la consommation d'énergie. Cela nécessite des mesures telles que l'isolation thermique adéquate et l'utilisation de matériaux et de technologies éco-énergétiques.

Les parties prenantes doivent intégrer ces facteurs lors de la planification et de la conception des bâtiments éducatifs, ainsi que lors de la mise à jour et de la maintenance des systèmes de chauffage. En assurant une bonne qualité thermique, il est possible de réduire les coûts énergétiques, d'améliorer le bien-être des occupants et de minimiser l'impact environnemental, atteindre un confort thermique optimal dans les salles de cours est non seulement bénéfique pour les performances académiques et la santé des étudiants et des enseignants, mais aussi pour la durabilité énergétique et environnementale des établissements éducatifs.

Annexe

1-IDENTIFICATION DU CAS D'ETUDE

- Salle N° :
- Etage :
- Orientation (s) :
- Surface Approximative :
- Nombre D'étudiants :

1- INFORMATIONS PERSONNELS

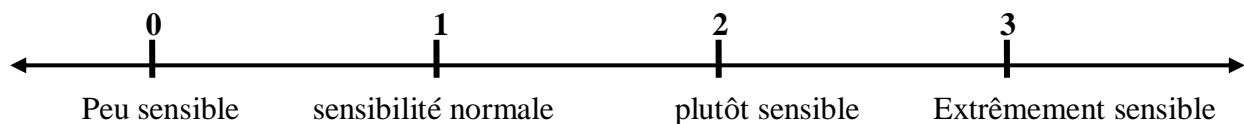
Age :

Poids :

Sexe : M F

• D'après vous, votre niveau de sensibilité à la chaleur est-il?

(Entourer le chiffre qui correspond)



• Donnez-vous de l'importance à la météo pour vous habiller le matin ?

Ou non

- si OUI ,

• qu'est -ce qui influence le plus votre choix ?

- La température
- le risque de pluie
- Le vent
- autres :(.....)

• Précisez l'importance pour vous d'avoir une température confortable dans votre classe

- avoir une meilleure concentration
- être moins stressé
- être moins fatigué
- autres (préciser)/.....

• A Partir de quelle température intérieure juger -vous nécessaire de climatiser les locaux en été.

(..... °C)

• Quel type de ventilation préférez-vous pour votre classe ?

Naturelle Mécanique

• Quel est le (ou les) facteur(s) le(s) plus défavorable(s) pour votre confort ?

(Classez 1, 2, 3..., si vous avez plusieurs réponses)

ETE

- Température
- Humidité
- Courants D'air
- Autres

HIVER

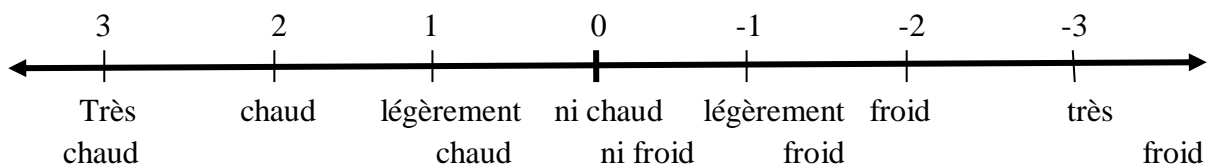
- Température
- Humidité
- Courants D'air
- Autres

1. QUALITE DE L'AMBIANCE CLIMATIQUE™

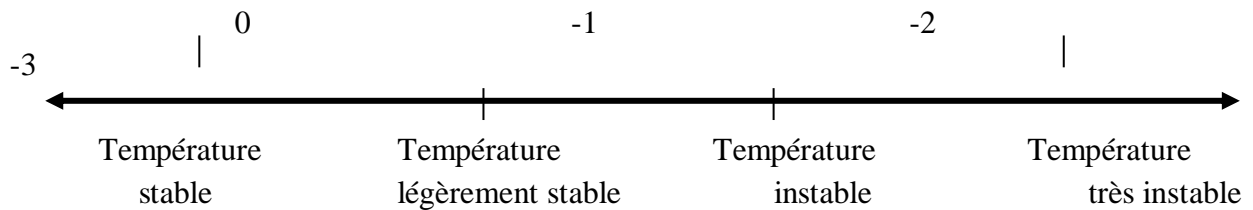
Nous vous demandons de décrire l'ambiance de votre classer à travers les points suivants :

• **Température en été**

(entourez le chiffre correspondant)

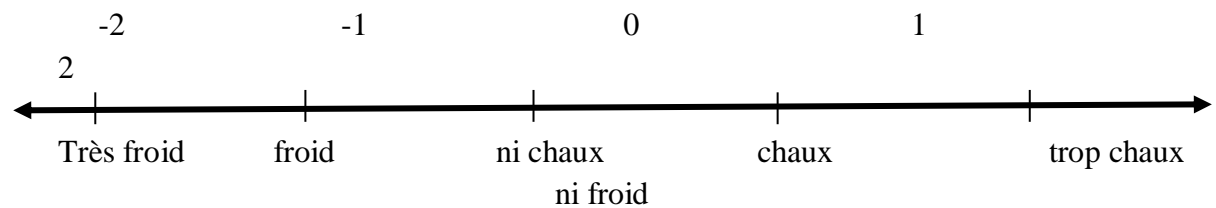


La Température d'une Journée d'été est une:

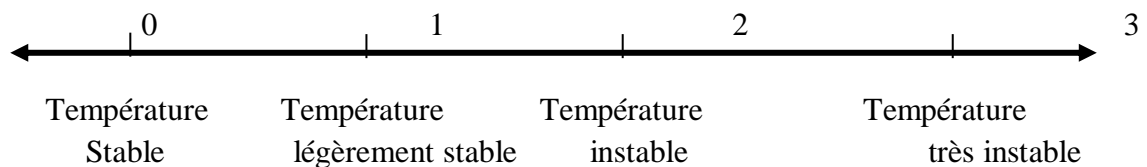


• **Température en hiver**

(entourez le chiffre correspondant)

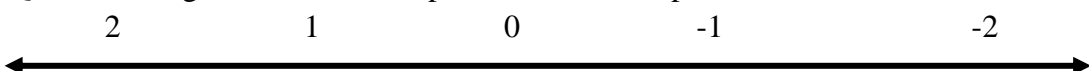


• **La Température d'une Journée d'hiver est une:**



• **Ventilation naturelle en été :**

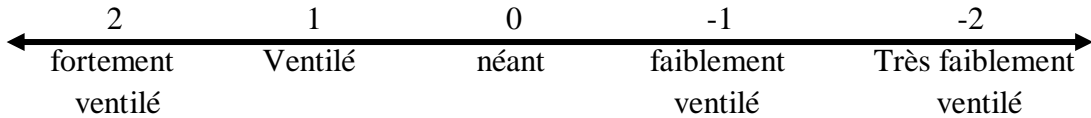
Quel est le degré de ventilation après ouverture des portes et fenêtres ?



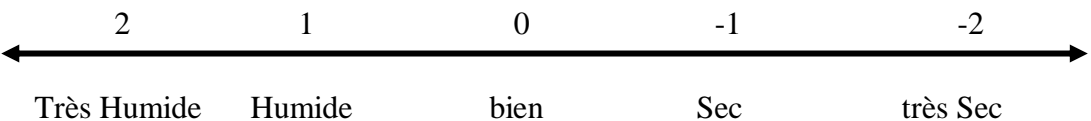
fortement ventilé ventilé néant faiblement ventilé Très faiblement ventilé

• **Ventilation naturelle en hiver :**

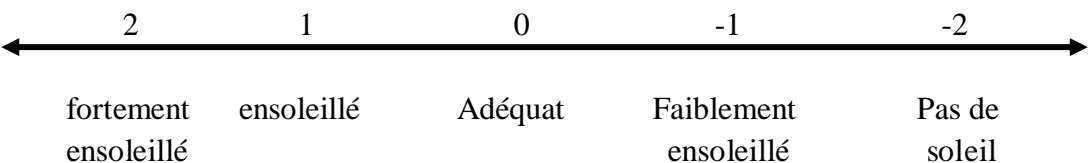
Quel est le degré de ventilation après ouverture des portes et fenêtres ?



• **Humidité**



• **Ensoleillement**



• **Quel est votre avis sur le confort thermique à l'intérieur de votre classe ?**

	Confortable	Légèrement Inconfortable	inconfortable	très inconfortable
- En été, le matin.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- En été, L'après midi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- En hiver, le matin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- En hiver, L'après midi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

• **Êtes-vous satisfait de votre environnement thermique en classe?**

Oui Non

- **Avez-vous la possibilité d'agir sur l'ambiance thermique de votre classe ?**

- Ouvrir, fermer une fenêtre oui non
- Ouvrir, fermer une porte oui non
- utiliser les protections solaires (rideaux ou stores)... oui non
- Contrôler le fonctionnement d'un ventilateur..... oui non
- Contrôler le fonctionnement d'un radiateur..... oui non
- Contrôler le fonctionnement d'un climatisation..... oui non

- Autres : préciser

(.....)

